



Ifu

Attorney Docket No. 1081.1196

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Kentaro NAKAMURA, et al.

Application No.: 10/809,929

Group Art Unit:

Filed: March 26, 2004

Examiner:

For: WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING TRANSMISSION SYSTEM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-083984


Filed: March 26, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: June 23, 2004

By:   
H. J. Staas  
Registration No. 22,010

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                    2 0 0 3 年    3 月 2 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号                    特 願 2 0 0 3 - 0 8 3 9 8 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                    [ J P 2 0 0 3 - 0 8 3 9 8 4 ]

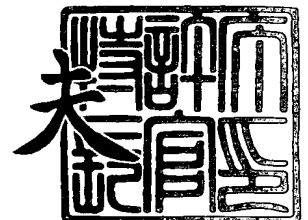
出      願      人                    富 士 通 株 式 会 社  
Applicant(s):



2 0 0 4 年    3 月 2 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 4 9 3 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 0252231

【提出日】 平成15年 3月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04J 14/02  
G02B 6/00

【発明の名称】 波長分割多重伝送システム

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

    【氏名】 中村 健太郎

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

    【氏名】 寺原 隆文

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100094514

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 林 恒徳

【選任した代理人】

    【識別番号】 100094525

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704944

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長分割多重伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を伝送する波長分割多重伝送システムにおいて、

前記波長分割多重信号を分波する分波部、および、入力される複数の光信号を合波する合波部の少なくとも一方を有し、

前記分波部は、分波された光信号を出力する複数の出力ポートを有し、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有し、

前記合波部は、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各入力ポートの透過特性によりフィルタリングして合波し、前記各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、

ことを特徴とする波長分割多重伝送システム。

【請求項 2】 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を受信する光受信装置において、

前記波長分割多重信号を分波し、分波した光信号を複数の出力ポートから出力する分波部を備え、

各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有する、

ことを特徴する光受信装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅  $F_1$  を有する第 1 光信号と透過帯域幅  $F_2$  を有する第 2 光信号とが周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) で交互に配

置され、

前記分波部は、前記波長分割多重信号を入力する入力ポートと、前記第1光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第1出力ポートと、前記第2光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第2出力ポートとを有するインタリバーを備えている、

ことを特徴する光受信装置。

【請求項4】 異なる信号帯域幅を有する複数の光信号を波長分割多重して送信する光送信装置において、

前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各ポートの透過特性によりフィルタリングして合波する合波部を備え、

前記合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、

ことを特徴する光送信装置。

【請求項5】 請求項4において、

前記複数の光信号は、それぞれが透過帯域幅  $F_1$  を有し、周波数間隔  $4F$  で配置された複数の光信号からなる第1光信号群と、それぞれが透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第1光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) の位置に配置された複数の光信号からなる第2光信号群と、それぞれが透過帯域幅  $F_1$  を有し、前記第1光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号からなる第3光信号群と、それぞれが前記透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第2光信号群を構成する各光信号の周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号からなる第4光信号群とからなり、

前記合波部は、

前記第1光信号群が入力され、帯域幅  $F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第1ポートと、前記第2光信号群が入力され、該第1ポートと逆の透過特性を有する第2ポートとを有し、該第1および第2ポートにそれぞれ入力された前記第1および第2光信号群を合波して出力する第1インタ

リーバと、

前記第 3 光信号群が入力され、帯域幅  $F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 3 ポートと、前記第 4 光信号群が入力され、該第 3 ポートと逆の透過特性を有する第 4 ポートとを有し、該第 3 および第 4 ポートにそれぞれ入力された前記第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 インタリーバからの光信号が入力され、帯域幅  $F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 5 ポートと、前記第 2 インタリーバからの光信号が入力され、該第 5 ポートと逆の透過特性を有する第 6 ポートとを有し、前記第 5 および第 6 ポートに入力された光信号を合波して出力する第 3 インタリーバと、

を備え、

前記第 1 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 3 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 3 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 4 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 4 光信号群の各光信号の信号帯域を含むように、前記第 1、第 2、および第 3 インタリーバの透過帯域の中心周波数が前記第 1 および第 2 光信号群の各光信号の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴する光送信装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重伝送システムに関し、特に、異なる信号帯域幅の光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を合波して伝送し、あるいは、該波長分割多重信号を受信して分波する波長分割多重システムに関する。

##### 【0002】

また、本発明は、該波長分割多重伝送システムに含まれ、複数の光信号を合波して波長分割多重信号として送信する光送信装置、および、波長分割多重信号を

受信し、各波長の光信号に分波する光受信装置に関する。

### 【0003】

#### 【従来の技術】

近年、波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplex）伝送システムの大容量化が進んでいる。大容量化の手法としては、多重化される波長数の増加および各波長の信号の伝送速度（ビットレート）の高速化の手法がとられる。このうち、ビットレートについては、現在、10 Gbit/s の WDM 伝送システムが既に実用化されており、40 Gbit/s の光伝送システムの研究・開発が進められている。

### 【0004】

しかしながら、40 Gbit/s の WDM 伝送システムの導入にあたっては、導入コストやインサービスでのアップグレードという観点から、一度にすべての波長の光信号を 40 Gbit/s とした WDM 伝送システムを導入するのではなく、既存の 10 Gbit/s の WDM 伝送システムの一部の波長を 40 Gbit/s に切り替える部分的なアップグレードが考えられている。つまり、10 Gbit/s と 40 Gbit/s とが混載された WDM 伝送システムへのアップグレードが考えられている。

### 【0005】

また、多重化される波長数の増加に伴い、信号の波長間隔は高密度化され、現在、10 Gbit/s のシステムでは、波長間隔（周波数間隔）が 50 GHz のシステムが製品化されており、40 Gbit/s のシステムでは 100 GHz の波長間隔（周波数間隔）の利用が検討されている。

### 【0006】

この高密度化においては、アレー導波路型回折格子（AWG：Arrayed Waveguide Grating）フィルタや多層膜フィルタによる 1：N チャネルの光合分波モジュールにより合分波された光を、インタリーブを用いてさらに合分波する方法が採られる。この高密度化の指標には単位周波数当たりのビットレートを示す周波数利用効率が用いられる。上記の 10 Gbit/s では  $0.2 \text{ bit/s/Hz}$ （ $= 10 \text{ Gbit/s} \div 50 \text{ GHz}$ ）、40 Gbit/s システムでは 0.4 G



$\text{bit/s/Hz}$  ( $=40\text{ Gbit/s} \div 100\text{ GHz}$ ) となる。

【0007】

なお、インタリーバとは、ある波長間隔の光信号群を偶数チャンネルと奇数チャンネルとに分波して2倍の波長間隔を持つ信号群にする、または、その逆に、偶数チャンネルと奇数チャンネルとを合波して1/2の波長間隔の信号群にする機能をもつ光合分波器である。

【0008】

一方、複数のビットレートの光信号を効率的に収容するWDM光通信システムとして、異なる波長配置間隔で光信号を配置するものがある（例えば特許文献1参照）。このWDM通信システムでは、例えば、 $40\text{ Gbit/s}$  信号では、4つの信号成分を1つのチャンネルへ、 $10\text{ Gbit/s}$  信号では、2つの信号成分を1つのチャンネルへ、それぞれ束ねることにより、各ビットレートのチャンネルの信号が生成される。そして、 $40\text{ Gbit/s}$  信号は $100\text{ GHz}$  間隔で配置され、 $10\text{ Gbit/s}$  信号は $50\text{ GHz}$  間隔で配置されて、それぞれ伝送される。

【0009】

【特許文献1】

特開2001-112294号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

アップグレード前のシステム、つまり $50\text{ GHz}$  間隔で $10\text{ Gbit/s}$  の光信号を波長分割多重して伝送するシステムにおいて、一部の光信号をそのまま $40\text{ Gbit/s}$  に変更した場合、この波長分割多重信号（WDM信号）を、通常の $50\text{ GHz}/100\text{ GHz}$  間隔のインタリーバにより合分波すると、伝送品質が劣化するという問題がある。これは、 $40\text{ Gbit/s}$  の光信号のスペクトル幅（帯域幅）が $10\text{ Gbit/s}$  の光信号のそれよりも広いため、 $40\text{ Gbit/s}$  の信号成分が隣接チャンネルにもれ込み（クロストーク）、また、 $40\text{ Gbit/s}$  の信号のスペクトル自身もインタリーバによって帯域の制限を受けるからである。

**【0011】**

また、 $40\text{ Gbit/s}$  伝送で用いられる  $100\text{ GHz}/200\text{ GHz}$  間隔のインタリーバを用いた場合、クロストークや伝送品質の問題は生じないものの、 $10\text{ Gbit/s}$  の光信号も  $100\text{ GHz}$  間隔で伝送されるために、周波数利用効率が  $0.25\text{ bit/s/Hz}$  と低くなり、アップグレードの効果がないという問題がある。

**【0012】**

さらに、従来のシステムの信号波長はITU-Tにて規定された等間隔のグリッドに配置されているため、アップグレードにおいては従来の  $50\text{ GHz}$  間隔、 $100\text{ GHz}$  間隔といった波長配置は変えないことが望ましい。

**【0013】**

また、ビットレートが同じでも変調方式がRZ、NRZ、CSRZ等、異なる場合にも、同様に、各波長の光信号のスペクトル幅が異なる。したがって、この場合にも、ビットレートの高速化と同様に考えることができる。

**【0014】**

そこで、本発明は、伝送速度が異なり、または、変調方式が異なることにより、信号帯域幅が異なる光信号が波長分割多重された光信号を伝送品質の劣化の少ない状態で分波および合波して伝送できるWDM伝送システムならびに該システムを構成する光送信装置および光受信装置を提供することを目的とする。

**【0015】**

また、本発明は、周波数利用効率が高いWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することを目的とする。さらに、本発明は、規定された信号波長配置を用いることできるWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することを目的とする。

**【0016】****【課題を解決するための手段】**

前記目的を達成するために、本発明による波長分割多重伝送システムは、異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を伝送する波長分割多重伝送システムにおいて、

前記波長分割多重信号を分波する分波部、および、入力される複数の光信号を合波する合波部の少なくとも一方を有し、前記分波部は、分波された光信号を出力する複数の出力ポートを有し、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有し、前記合波部は、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各入力ポートの透過特性によりフィルタリングして合波し、前記各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、ことを特徴とする。

#### 【0017】

本発明による光受信装置は、異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を受信する光受信装置において、前記波長分割多重信号を分波し、分波した光信号を複数の出力ポートから出力する分波部を備え、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有する、ことを特徴する。

#### 【0018】

本発明による光送信装置は、異なる信号帯域幅を有する複数の光信号を波長分割多重して送信する光送信装置において、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各ポートの透過特性によりフィルタリングして合波する合波部を備え、前記合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、ことを特徴する。

#### 【0019】

本発明によると、分波部の各出力ポートから出力される光信号は、各出力ポートに分波／出力されるべき光信号の信号帯域とはほぼ一致する透過帯域を有する透過特性によってフィルタリングされた後、出力される。したがって、信号帯域幅

が異なる光信号が多重化されている場合であっても、クロストークや信号成分の一部がフィルタリングにより除去される等の品質劣化が少ない状態で、各光信号を分波し取り出すことができる。これにより、複数の異なる伝送速度の光信号が多重された混載システムへのアップグレードを、伝送品質の劣化の少ない状態で実現できる。また、異なる変調方式により変調された光信号が多重化された場合も同様である。

#### 【0020】

また、本発明によると、合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力されるべき光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有し、各入力ポートに入力された光信号は、各入力ポートの透過特性によりフィルタリングされ合波される。したがって、信号成分のみを合波することができ、それ以外の雑音等を除去することができる。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、各波長の光信号が  $10\text{ Gbit/s}$  である波長分割多重伝送システム（WDM伝送システム）をアップグレードして構成された、 $10\text{ Gbit/s}$  と  $40\text{ Gbit/s}$  の光信号が混載したWDM伝送システムについて説明する。

#### 【0022】

##### <第1の実施の形態>

図1（A）は、本発明の第1の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図1（B）は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。図2は、分波部に入力される、あるいは、合波部により合波（多重化）された光信号群（WDM信号）P0を周波数軸上に配置したものを示している。

#### 【0023】

分波部は、例えば、WDM伝送システムの光受信装置（光受信端局装置）や中継装置に設けられる。合波部は、例えば、WDM伝送システムの光送信装置（光送信端局装置）や中継装置に設けられる。

#### 【0024】

以下の説明では、分波部の構成について詳細に述べることとし、合波部の構成については、分波部における入出力関係を逆にすることで同様にして考えることができるので、対応する部分に同一の符号を付し、簡略な説明に留めることとする。後述する第2から第7の実施の形態についても同様である。

#### 【0025】

まず、図2を参照して、WDM信号について説明する。図2の横軸は周波数軸であり、周波数 $f_1 \sim f_9$ はITU-T勧告で規定された周波数間隔50GHz ( $F = 50\text{GHz}$ )のグリッド（以下「ITU-Tグリッド」という。）である。

#### 【0026】

WDM信号P0は、10Gbit/sおよび40Gbit/s混載のWDM信号の一例である。このWDM信号P0には、奇数チャネルに10Gbit/sの光信号が配置され、偶数チャネルに40Gbit/sの光信号が配置されている。チャネルch1の光信号が周波数 $f_1$ に、チャネルch2の光信号が周波数 $f_2$ に、それぞれ配置される。チャネルch3以降のチャネルも、順次周波数 $f_3$ 以降のITU-Tグリッドに配置される。なお、ここでは、9つのチャネルch1～ch9を示しているが、これは一例であり、これより多くのチャネルまたは少ないチャネルが多重化されていてもよい。

#### 【0027】

このWDM信号P0では、隣接する10Gbit/sの光信号と40Gbit/sの光信号が重ならないように、10Gbit/sの光信号の透過帯域幅（スペクトル幅）F1は25GHzに設定され、40Gbit/sの光信号の透過帯域幅（スペクトル幅）F2は75GHzに設定されている。

#### 【0028】

ここで、従来の技術の欄で説明したように、現在製品化されている10Gbit/sのWDM伝送システムでは、一般に、10Gbit/sの光信号の透過帯域幅が50GHzである。また、研究・開発が進められている40Gbit/sのWDM伝送システムでは、一般に、40Gbit/sの光信号の透過帯域幅として100GHzが検討されている。

## 【0 0 2 9】

一方、本実施の形態では、1 0 G b i t / s の光信号に 2 5 G H z、4 0 G b i t / s の光信号に 7 5 G H z というように、より狭い帯域幅が与えられている。しかし、以下の理由 (1) ~ (3) により、この帯域幅でも、十分な品質の光信号を伝送することができる。

## 【0 0 3 0】

(1) 4 0 G b i t / s の N R Z (Non Return to Zero) 変調方式の信号のスペクトル幅 (帯域幅) は約 6 0 G H z であり、1 0 G b i t / s の N R Z 信号は約 1 5 G H z である。したがって、4 0 G b i t / s の光信号の帯域幅を 7 5 G H z とし、1 0 G b i t / s の光信号の帯域幅を 2 5 G H z としても、これらの信号を、品質劣化の少ない状態で、十分伝送することができる。

## 【0 0 3 1】

(2) 図 5 (A) は、4 0 G b i t / s の WDM 伝送システムにおいて、光信号間の周波数間隔 (波長間隔) を 5 0 G H z、7 5 G H z、および 1 0 0 G H z に変化させた場合のフィルタ帯域幅と Q 値 (Quality Factor) との関係を示すグラフである。このグラフから分かるように、波長間隔およびフィルタ帯域幅がともに 7 5 G H z では、隣接チャネルのクロストークおよびフィルタの帯域制限による Q 値劣化が、周波数間隔 1 0 0 G H z の場合に対して 0. 3 d B 以下である。したがって、周波数間隔が 7 5 G H z であっても、1 0 0 G H z の場合と比べ遜色のない品質で信号を伝送することができる。

## 【0 0 3 2】

(3) 例えば、G.Vareille 他著の論文 “1.5 terabit/s submarine 4000 km system validation over a deployed line with industrial margins using 25 GHz channel spacing and NRZ format over NZDSF” (WP5、OFC2002) では、2 5 G H z 間隔の 1 0 G b i t / s の N R Z 方式の WDM 信号の伝送が実現されている。

## 【0 0 3 3】

以上から、本実施の形態では、1 0 G b i t / s の光信号および 4 0 G b i t / s の光信号を、それぞれ 2 5 G H z および 7 5 G H z の帯域幅で伝送すること

とする。

#### 【0034】

一方、この信号配置によると、各光信号をITU-Tグリッドに配置して伝送できるという利点がある。また、WDM信号P0では、図5(B)に示すように、10 Gbit/sと40 Gbit/sとを混載することにより、周波数利用効率が0.5 Gbit/s/Hzとなり、40 Gbit/sの信号を100 GHzの帯域幅で伝送した場合の周波数利用効率0.4 Gbit/s/Hzよりも高い周波数利用効率を達成できるという利点もある。

#### 【0035】

なお、ITU-Tグリッド間隔 ( $F = 50 \text{ GHz}$ )  $\geq \{10 \text{ Gbit/s}$  信号の透過帯域幅 ( $F_1 = 25 \text{ GHz}$ ) + 40 Gbit/s 信号の透過帯域幅 ( $F_2 = 75 \text{ GHz}$ )  $\} \div 2$  の関係が成立するので、10 Gbit/s 信号と40 Gbit/s 信号とが隣接したITU-Tグリッドに配置されても、クロストークの問題は少ない。

#### 【0036】

次に、図1(A)を参照して、分波部について説明する。分波部は、インターバ (Interleaver) 1～3 および分波器4～7を有する。

#### 【0037】

分波器4～7は、周波数間隔200 GHzの1対Nチャネル (Nは2以上の整数) の分波器であり、入力されたWDM信号を各波長 (各周波数) の信号に分波して出力する。分波器4の透過帯域の中心周波数は周波数  $f_2$ 、 $f_6$ 、… (周波数  $f_{[4i-2]}$ 、 $i: 1$  以上の整数) に設定され、分波器5の透過帯域の中心周波数は周波数  $f_1$ 、 $f_5$ 、… (周波数  $f_{[4i-3]}$ ) に設定されている。分波器6の透過帯域の中心周波数は周波数  $f_3$ 、 $f_7$ 、… (周波数  $f_{[4i-1]}$ ) に設定され、分波器7の透過帯域の中心周波数は周波数  $f_4$ 、 $f_8$ 、… (周波数  $f_{[4i]}$ ) に設定されている。各分波器の透過帯域の帯域幅は100 GHzである。分波器4～7として、例えば公知のAWG (Arrayed Waveguide Grating) フィルタや多層膜フィルタを使用することができる。

#### 【0038】

インタリーバ1～3は、入力される波長分割多重された光信号群（WDM信号）を、偶数チャネルの光信号群と奇数チャネルの光信号群とに分波して、周波数間隔（波長間隔）を2倍に拡張し、あるいは、入出力関係を逆にすることにより、偶数チャネルおよび奇数チャネルの光信号群を合波して、周波数間隔（波長間隔）を1/2に縮小する機能を有する光合分波器である。これらインタリーバ1～3も、公知のものを使用することができる。

#### 【0039】

ここでは、100GHzの周波数間隔が200GHzの周波数間隔に拡張され、あるいは、200GHzの周波数間隔が100GHzの周波数間隔に縮小される。例えば、インタリーバ1は、ポートA0から入力される100GHz間隔の光信号群を、200GHz間隔の偶数チャネルの光信号群と奇数チャネルの光信号群とに分波し、これら2つの光信号群をポートA1およびA2にそれぞれ出力する。また、その逆に、インタリーバ1は、ポートA1およびA2から入力される200GHz間隔の2つの光信号群を、100GHz間隔の1つの光信号群に合波してポートA0から出力する。インタリーバ2および3についても同様である。

#### 【0040】

図3は、インタリーバ1を単体で使⽤した場合のポート（出力ポート）A1側の透過特性（グラフA1）、インタリーバ2を単体で使⽤した場合のポートB1側の透過特性（グラフB1）、インタリーバ2を単体で使⽤した場合のポートB2側の透過特性（グラフB2）、インタリーバ1のポートA1をインタリーバ2のポートB0に接続して使⽤した場合のインタリーバ2のポートB1側の透過特性（グラフA1∧B1）、およびインタリーバ1のポートA1をインタリーバ2のポートB0に接続して使⽤した場合のインタリーバ2のポートB2側の透過特性（グラフA1∧B2）を示している。各グラフにおいて、横軸は周波数を示し、縦軸は光の透過率を示している。

#### 【0041】

なお、図示は省略するが、インタリーバ3も、インタリーバ2と同じ透過特性を有する。



## 【 0 0 4 2 】

各透過特性のグラフの凸部は、光が透過する周波数帯域（透過帯域）を示し、グラフの凹部は、光が透過しない周波数帯域（不透過帯域、濾過帯域）を示している。透過帯域および不透過帯域は、ともに  $100\text{ GHz}$  の帯域幅を有し、 $200\text{ GHz}$  の周期で交互に繰り返される。

## 【 0 0 4 3 】

グラフ B 1 および B 2 から明らかなように、インタリーバ 2 の 2 つのポート（出力ポート）B 1 および B 2 は、相互に逆の透過特性を有する。同様にして、インタリーバ 1 のポート（出力ポート）A 1 および A 2 は、相互に逆の透過特性を有し、インタリーバ 3 のポート C 1 および C 2 は、相互に逆の透過特性を有する。

## 【 0 0 4 4 】

グラフ A 1 に示すように、インタリーバ 1 のポート A 1 側の透過帯域の中心周波数は、ITU-T グリッドの周波数  $f_2$ 、 $f_6$ 、…（ $200\text{ GHz}$  間隔）に対して、周波数の低い側に  $12.5\text{ GHz}$ （すなわち  $-12.5\text{ GHz}$ ）だけシフトしている（換言すると、周波数  $f_1$ 、 $f_5$ 、…に対しては、周波数の高い側に  $37.5\text{ GHz}$ （すなわち  $+37.5\text{ GHz}$ ）だけシフトしている）。ここで、シフト量  $S$  は、 $-50\text{ GHz} < S < 50\text{ GHz}$  とする。

## 【 0 0 4 5 】

同様にして、インタリーバ 1 のポート A 1 側の不透過帯域の中心周波数は、周波数  $f_4$ 、 $f_8$ 、…（ $200\text{ GHz}$  間隔）に対して、 $-12.5\text{ GHz}$  だけシフトしている（換言すると、周波数  $f_3$ 、 $f_7$ 、…に対しては、周波数の高い側に  $37.5\text{ GHz}$ （すなわち  $+37.5\text{ GHz}$ ）だけシフトしている）。

## 【 0 0 4 6 】

したがって、インタリーバ 1 の透過帯域と不透過帯域との境界（グラフの立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジ）は ITU-T グリッドの周波数  $f_1$ 、 $f_3$ 、…（ $100\text{ GHz}$  間隔）に対して  $-12.5\text{ GHz}$  シフトしている。

## 【 0 0 4 7 】

一方、グラフ B 1 に示すように、インタリーバ 2 のポート B 1 側の透過帯域の

中心周波数は、ITU-Tグリッドの周波数  $f_2$ 、 $f_6$ 、…に対して  $+12.5$  GHz だけシフトしている。インタリーバ2のポートB1側の不透過帯域の中心周波数は、ITU-Tグリッドの周波数  $f_4$ 、 $f_8$ 、…に対して  $+12.5$  GHz シフトしている。

#### 【0048】

したがって、インタリーバ2の透過帯域と不透過帯域との境界（グラフの立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジ）もITU-Tグリッドの周波数  $f_1$ 、 $f_3$ 、…（ $100$  GHz 間隔）に対して  $+12.5$  GHz シフトしている。インタリーバ3の透過帯域および不透過帯域のそれぞれの中心周波数もインタリーバ2と同様にシフトしている。

#### 【0049】

このような中心周波数の位置決めは、インタリーバ1～3の温度を調整することにより行うことができる。インタリーバ1～3の温度調整には、サーモスタット等を使用することができる。

#### 【0050】

グラフA1∧B1に示すように、インタリーバ1の出力ポートA1をインタリーバ2の入力ポートB0に接続することによって、出力ポートB1の透過帯域はインタリーバ1および2双方の透過帯域の重複部分となり、出力ポートB1の不透過帯域はインタリーバ1および2の少なくとも一方の不透過帯域の部分となる。

#### 【0051】

このため、グラフA1∧B1の透過帯域幅は  $75$  GHz となり、不透過帯域幅は  $125$  GHz となり、透過帯域の開始周波数（立ち上がりエッジ）がITU-Tグリッドの周波数  $f_1$ 、 $f_5$ 、…（ $200$  GHz 間隔）に対して  $+12.5$  GHz シフトする。

#### 【0052】

また、グラフA1∧B2に示すように、インタリーバ1の出力ポートA1をインタリーバ2の入力ポートB0に接続することにより、出力ポートB2の透過帯域幅は  $25$  GHz、不透過帯域幅は  $175$  GHz となり、透過帯域の開始周波数

(立ち上がりエッジ) がITU-Tグリッドの周波数  $f_1$ 、 $f_5$ 、… (200 GHz 間隔) 対して  $-12.5$  GHz シフトする。

#### 【0053】

このように、透過帯域 (不透過帯域) の中心周波数をITU-Tグリッドからシフトさせたインタリーバを2つ直列に接続することにより、任意の開始周波数および任意の透過帯域幅を有するフィルタ (インタリーバ) を構成することができる。これにより、透過帯域幅と不透過帯域幅とが等しくない不等間隔のインタリーバ (フィルタ) を構成することができる。

#### 【0054】

図4は、インタリーバ1～3およびこれらインタリーバの組み合わせの透過特性ならびにインタリーバ1の入力ポートA0に入力される光信号群 (WDM信号) P0がインタリーバ1～3によりフィルタリングされる様子を示している。図4において、横軸は周波数を示している。

#### 【0055】

図4の最上段には、WDM信号P0が示されている。

#### 【0056】

図4の第2段目のグラフA1、B1は、インタリーバ1の出力ポートA1側の透過特性を実線で、インタリーバ2のポートB1側の透過特性を破線で、それぞれ示している。第3段目のグラフA1∧B1は、図3を参照して説明したように、インタリーバ1のポートA1をインタリーバ2の入力ポートB0に接続した場合のインタリーバ2の出力ポートB1側の透過特性を示している。他の第5段目のグラフA1、B2、第6段目のグラフA1∧B2についても同様である。

#### 【0057】

グラフA1∧B1の透過帯域は、75 GHzの帯域幅を有する40 Gbit/sのチャネルch2、ch6、… (チャネルch[4i-2]) が配置されたITU-Tグリッド (周波数 $f_2$ 、 $f_6$ 、…) を中心として75 GHzの帯域幅を有する。また、グラフA1∧B2の透過帯域は、25 GHzの帯域幅を有する10 Gbit/sのチャネルch1、ch5、… (チャネルch[4i-3]) が配置されたITU-Tグリッド (周波数 $f_1$ 、 $f_5$ 、…) を中心として25 GHz

z の帯域幅を有する。

#### 【0058】

したがって、WDM信号P0がインタリーバ1および2を通過することにより、インタリーバ2の出力ポートB1からは、図4のWDM信号P1に示すように、40 Gbit/sのチャンネルch[4i-2]の光信号のみが出力され、また、インタリーバ2の出力ポートB2からは、WDM信号P2に示すように、10 Gbit/sのチャンネル[4i-3]の光信号のみが出力される。

#### 【0059】

グラフA2∧C1の透過帯域は、25 GHzの透過帯域幅を有する10 Gbit/sのチャンネルch3、ch7、…（チャンネルch[4i-1]）が配置されたITU-Tグリッド（周波数f3、f7、…）を中心として25 GHzの帯域幅を有する。また、グラフA2∧C2の透過帯域は、75 GHzの透過帯域幅を有する40 Gbit/sのチャンネルch4、ch8、…（チャンネルch[4i]）が配置されたITU-Tグリッド（周波数f4、f8、…）を中心として75 GHzの帯域幅を有する。

#### 【0060】

したがって、WDM信号P0がインタリーバ1および3を通過することにより、インタリーバ3の出力ポートC1からは、WDM信号P3に示すように、WDM信号P0のうち10 Gbit/sのチャンネルch[4i-1]の光信号のみが出力され、また、インタリーバ3の出力ポートC2からは、WDM信号P4に示すように、40 Gbit/sのチャンネルch[4i]の光信号のみが出力される。

#### 【0061】

このように、40 Gbit/sの光信号は、中心周波数がシフトした2つのインタリーバにより構成される通過帯域幅75 GHzの不等間隔インタリーバによってフィルタリングされる。また、10 Gbit/sの光信号は、中心周波数がシフトした2つのインタリーバの組み合わせにより構成される透過帯域幅25 GHzの不等間隔インタリーバによりフィルタリングされる。したがって、40 Gbit/sおよび10 Gbit/sの各チャンネルの信号は、いずれもクロストー

クや信号成分が除去される等の品質劣化の少ない状態で取り出される。

【0062】

なお、図4の最下段には、グラフA1∧B1、A1∧B2、A2∧C1、およびA2∧C2を重ね合わせたグラフが示されている。

【0063】

インタリーバ2の出力ポートB1およびB2からそれぞれ出力されたWDM信号P1およびP2は、分波器4および5にそれぞれ入力され、各チャネルの光信号に分波される（図1参照）。また、インタリーバ3の出力ポートC1およびC2から出力されるWDM信号P3およびP4は、分波器6および7にそれぞれ入力され、各チャネルの光信号に分波される（図1参照）。

【0064】

次に、図1（B）に示す合波部について簡単に説明する。

【0065】

合波器4には、チャネルch[4i-2]の光信号が入力され、WDM信号P1に合波（多重化）される。WDM信号P1はインタリーバ2の入力ポートB1に入力される。合波器5には、チャネルch[4i-3]の光信号が入力され、WDM信号P2に合波される。WDM信号P2はインタリーバ2の入力ポートB2に入力される。合波器6には、チャネルch[4i-1]の光信号が入力され、WDM信号P3に合波される。WDM信号P3はインタリーバ3の入力ポートC1に入力される。合波器7には、チャネルch[4i]の光信号が入力され、WDM信号P4に合波される。WDM信号P4はインタリーバ3の入力ポートC2に入力される。

【0066】

WDM信号P1およびP2は、インタリーバ2を通過することにより、インタリーバ2の透過特性（図4のグラフB1およびB2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポートB0からインタリーバ1の入力ポートA1に入力される。

【0067】

WDM信号P3およびP4は、インタリーバ3を通過することにより、インタ

リーバ3の透過特性（図4のグラフC1およびC2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポートC0からインタリーバ1の入力ポートA2に入力される。

#### 【0068】

インタリーバ1の入力ポートA1およびA2に入力されたWDM信号は、インタリーバ1の透過特性（図4のグラフA1およびA2参照）に基づいてフィルタリングされると共にWDM信号P0に合波され、出力ポートA0から出力される。

#### 【0069】

なお、各インタリーバによるフィルタリングにより、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等を除去することができる。

#### 【0070】

このように、本実施の形態によると、インタリーバの中心周波数（中心波長）を調整することによって、10 Gbit/sおよび40 Gbit/s混載システムに柔軟に対応することができる。また、光信号のビットレートが変更される場合にも、インタリーバの中心周波数を調整することによって柔軟に対応することができる。

#### 【0071】

なお、光信号の変調方式（NRZ方式、RZ方式、CSRZ方式等）が変更される場合にも、光信号の帯域幅が変化するが、この場合にも、ビットレートが変更される場合と同様にして柔軟に対応することができる。

#### 【0072】

##### <第2の実施の形態>

本発明の第2の実施の形態では、狭帯域インタリーバによって10 Gbit/s信号と40 Gbit/s信号の合分波が行われる。

#### 【0073】

図6（A）は、本発明の第2の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図6（B）は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

**【0074】**

分波部は、カップラ11、狭帯域インタリーバ12および13、ならびに分波器4～7を有する。図1（A）に示す第1の実施の形態と同じ構成要素（分波器4～7）およびWDM信号P0～P4には同じ符号を付し、説明を省略する。ただし、分波器4～6およびWDM信号P1～P3の配置は異なる。合波部についても同様である。

**【0075】**

カップラ11は、入力ポートA10に入力されたWDM信号P0を2つの出力ポートA11およびA12にそのまま出力する。出力されたWDM信号P0は、狭帯域インタリーバ12の入力ポートB10および狭帯域インタリーバ13の入力ポートC10に入力される。

**【0076】**

狭帯域インタリーバ12および13は、100GHz間隔の光信号を偶数チャンネルと奇数チャンネルとに分離して、200GHz間隔のWDM信号にすると共に、内部に設けられた狭帯域フィルタにより所定の帯域幅の信号成分のみを通過させ、あるいは、入出力関係を逆にすることにより、該狭帯域フィルタにより所定の帯域幅の信号成分のみを通過させると共に、200GHz間隔の偶数チャンネルおよび奇数チャンネルのWDM信号を合波して100GHz間隔の光信号にするインタリーバである。

**【0077】**

このような狭帯域インタリーバは、例えば、入力されるWDM信号を構成する各光信号を所定の透過帯域幅でフィルタリングする狭帯域フィルタを公知のインタリーバに組み込むことにより構成することができる。

**【0078】**

図7は、インタリーバ12および13の透過特性ならびにWDM信号P0がインタリーバ12および13によりフィルタリングされる様子を示している。

**【0079】**

グラフB11は、狭帯域インタリーバ12の出力ポートB11側の透過特性を示し、グラフB12は、狭帯域インタリーバ12の出力ポートB12側の透過特

性を示している。内部に設けられた狭帯域フィルタにより、狭帯域インタリーバ 12 の透過帯域の帯域幅は  $100\text{ GHz}$  から  $25\text{ GHz}$  に縮小され、不透過帯域の帯域幅は  $100\text{ GHz}$  から  $175\text{ GHz}$  に拡張されている。

#### 【0080】

ポート B 11 側の透過帯域の中心周波数は、ITU-T グリッドの周波数  $f_1$ 、 $f_5$ 、…に設定される。ポート B 12 側の透過帯域の中心周波数は、ITU-T グリッドの周波数  $f_3$ 、 $f_7$ 、…に設定される。

#### 【0081】

グラフ C 11 は、狭帯域インタリーバ 13 の出力ポート C 11 側の透過特性を示し、グラフ C 12 は、狭帯域インタリーバ 13 の出力ポート C 12 側の透過特性を示している。狭帯域インタリーバ 13 についても同様に、内部の狭帯域フィルタにより、出力ポート C 11 側および C 12 側の透過帯域の帯域幅は  $100\text{ GHz}$  から  $75\text{ GHz}$  に縮小され、不透過帯域の帯域幅は  $100\text{ GHz}$  から  $125\text{ GHz}$  に拡大されている。ポート C 11 側の透過帯域の中心周波数は、ITU-T グリッドの周波数  $f_2$ 、 $f_6$ 、…に設定される。ポート C 12 側の透過帯域の中心周波数は、ITU-T グリッドの周波数  $f_4$ 、 $f_8$ 、…に設定される。

#### 【0082】

このようなインタリーバ 12 および 13 を使用することにより、出力ポート B 1 からはチャンネル  $ch[4i-3]$  の WDM 信号 P 2 のみが出力され、出力ポート B 2 からはチャンネル  $ch[4i-1]$  の WDM 信号 P 3 のみが出力される。また、出力ポート C 1 からはチャンネル  $ch[4i-2]$  の WDM 信号 P 1 のみが出力され、出力ポート C 2 からはチャンネル  $ch[4i]$  の WDM 信号 P 4 のみが出力される。

#### 【0083】

次に、図 6 (B) に示す合波部について簡単に説明する。

#### 【0084】

合波器 5 には、チャンネル  $ch[4i-3]$  の光信号が入力され、WDM 信号 P 2 に合波される。WDM 信号 P 2 は狭帯域インタリーバ 12 の入力ポート B 11 に入力される。合波器 6 には、チャンネル  $ch[4i-1]$  の光信号が入力され、



WDM信号P 3に合波される。WDM信号P 3はインタリーバ1 2の入力ポートB 1 2に入力される。合波器4には、チャンネルc h [4 i - 2]の光信号が入力され、WDM信号P 1に合波される。WDM信号P 1はインタリーバ1 3の入力ポートC 1 1に入力される。合波器7には、チャンネルc h [4 i]の光信号が入力され、WDM信号P 4に合波される。WDM信号P 4はインタリーバ1 3の入力ポートC 1 2に入力される。

#### 【0085】

WDM信号P 1およびP 2は、インタリーバ1 2を通過することにより、インタリーバ1 2の透過特性（図6のグラフB 1 1およびB 1 2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポートB 1 0からカプラ1 1の入力ポートA 1 1に入力される。

#### 【0086】

WDM信号P 3およびP 4は、インタリーバ1 3を通過することにより、インタリーバ1 3の透過特性（図6のグラフC 1 1およびC 1 2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポートC 1 0からカプラ1 1の入力ポートA 1 2に入力される。

#### 【0087】

カプラ1 1の入力ポートA 1 1およびA 1 2に入力されたWDM信号は、WDM信号P 0に合波され、出力ポートA 0から出力される。

#### 【0088】

各インタリーバによるフィルタリングにより、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等を除去することができる。

#### 【0089】

なお、合波部のカプラ1 1はインタリーバであってもよい。

#### 【0090】

このように本実施の形態によると、インタリーバに設けられた狭帯域フィルタの帯域幅を調整することによって、10 G b i t / s および40 G b i t / s 混載システムに柔軟に対応することができる。また、光信号のビットレートが変更される場合にも、インタリーバの狭帯域フィルタに帯域幅を調整することによっ

て柔軟に対応することができる。

#### 【0091】

なお、光信号の変調方式（NRZ方式、RZ方式、CSRZ方式等）が変更される場合にも、光信号の帯域幅が変化するが、この場合にも、ビットレートが変更される場合と同様にして柔軟に対応することができる。

#### 【0092】

##### <第3の実施の形態>

本発明の第3の実施の形態では、インタリーバと分波器（合波器）によって10Gbit/s信号と40Gbit/s信号の合分波が行われる。

#### 【0093】

図8（A）は、本発明の第3の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図8（B）は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

#### 【0094】

分波部は、カプラ11、インタリーバ22および23、ならびに分波器24～27を有する。カプラ11は、図6に示す第2の実施の形態のカプラ11と同じものである。また、光信号P0も第1および第2の実施の形態のものと同じである。

#### 【0095】

カプラ11の入力ポートA10に入力されたWDM信号P0は、出力ポートA11およびA12から2つのインタリーバ22および23にそれぞれ入力される。

#### 【0096】

インタリーバ22および23は、第1の実施の形態のインタリーバ2および3と同様のインタリーバであるが、透過帯域（および不透過帯域）の中心周波数のシフト量が第1の実施の形態のものと異なっている。また、分波器24～27は、第1の実施の形態の分波器4等と同様に、周波数間隔200GHzの1対Nチャンネルの分波器であるが、透過帯域（および不透過帯域）の中心周波数がITU-Tグリッドからシフトしている点が異なる。

## 【0097】

図9は、インタリーバ22および23ならびに分波器24～27の透過特性と、WDM信号P0がインタリーバ22および23によりフィルタリングされる様子を示している。

## 【0098】

図9の第2段目の実線のグラフB21は、インタリーバ22のポートB21側の透過特性を示し、破線のグラフ24は、分波器24の透過特性を示している。ポートB21側の透過特性は、透過帯域の中心周波数が周波数 $f_1$ 、 $f_5$ 、…に対して $+37.5\text{ GHz}$ シフトしている。また、分波器24の透過帯域の中心周波数は、周波数 $f_1$ 、 $f_5$ 、…に対して $-37.5\text{ GHz}$ シフトしている。分波器24の中心周波数のこのようなシフトは、インタリーバと同様に、公知のAWGフィルタや多層膜フィルタ等により構成できる分波器24の温度を、サーモスタット等によって調整することにより行うことができる。他の分波器24～27についても同様である。

## 【0099】

したがって、出力ポートB21を分波器24に接続することにより、第3段目のグラフB21^24に示すように、透過帯域の中心周波数が $f_1$ 、 $f_5$ 、…（ $f_{[4i-3]}$ ）、帯域幅が $25\text{ GHz}$ の不等間隔のインタリーバ（フィルタ）／分波器が構成される。そして、WDM信号P0がインタリーバ22および分波器24を通過することにより、分波されたチャンネル $ch_1$ 、 $ch_5$ 、…（チャンネル $ch_{[4i-3]}$ ）の $10\text{ Gbit/s}$ 光信号が分波器24から出力される。

## 【0100】

第5段目の実線のグラフB22に示すように、インタリーバ22の出力ポートB22側の透過特性は出力ポートB21側の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数 $f_3$ 、 $f_7$ 、…（ $f_{[4i-1]}$ ）に対して $+37.5\text{ GHz}$ シフトしている。また、グラフ25に示すように、分波器25の透過特性は分波器24の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数 $f_3$ 、 $f_7$ 、…に対して $-37.5\text{ GHz}$ シフトしている。

## 【0101】

したがって、出力ポート B 2 2 を分波器 2 5 に接続することにより、第 6 段目のグラフ B 2 2  $\wedge$  2 5 に示すように、透過帯域の中心周波数が  $f_3$ 、 $f_7$ 、 $\dots$  ( $f_{[4i-1]}$ )、帯域幅が 25 GHz の不等間隔のインタリーブ (フィルタ) / 分波器が構成される。そして、WDM 信号 P 0 がインタリーブ 2 2 および分波器 2 5 を通過することにより、分波されたチャネル  $ch_3$ 、 $ch_7$ 、 $\dots$  (チャネル  $ch_{[4i-1]}$ ) の 10 Gbit/s 光信号が分波器 2 5 から出力される。

#### 【0102】

第 8 段目の実線のグラフ C 2 1 に示すように、ポート C 2 1 側の透過特性は、透過帯域の中心周波数が周波数  $f_2$ 、 $f_6$ 、 $\dots$  に対して -12.5 GHz シフトしている。また、分波器 2 6 の透過帯域の中心周波数は、周波数  $f_2$ 、 $f_6$ 、 $\dots$  に対して -12.5 GHz シフトしている。

#### 【0103】

したがって、出力ポート C 2 1 を分波器 2 6 に接続することにより、グラフ C 2 1  $\wedge$  2 6 に示すように、透過帯域の中心周波数が  $f_2$ 、 $f_6$ 、 $\dots$  ( $f_{[4i-2]}$ )、帯域幅が 75 GHz の不等間隔のインタリーブ (フィルタ) / 分波器が構成される。そして、WDM 信号 P 0 がインタリーブ 2 3 および分波器 2 6 を通過することにより、分波されたチャネル  $ch_2$ 、 $ch_6$ 、 $\dots$  (チャネル  $ch_{[4i-2]}$ ) の 40 Gbit/s 光信号が分波器 2 6 から出力される。

#### 【0104】

実線のグラフ C 2 2 に示すように、インタリーブ 2 3 の出力ポート C 2 2 側の透過特性は出力ポート C 2 1 側の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数  $f_4$ 、 $f_8$ 、 $\dots$  ( $f_{[4i]}$ ) に対して -12.5 GHz シフトしている。また、グラフ 2 7 に示すように、分波器 2 7 の透過特性は分波器 2 6 の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数  $f_3$ 、 $f_7$ 、 $\dots$  に対して -37.5 GHz シフトしている。

#### 【0105】

したがって、出力ポート C 2 2 を分波器 2 7 に接続することにより、グラフ C 2 2  $\wedge$  2 7 に示すように、透過帯域の中心周波数が  $f_4$ 、 $f_8$ 、 $\dots$  ( $f_{[4i]}$ )、帯域幅が 75 GHz の不等間隔のインタリーブ (フィルタ) / 分波器が構成

される。そして、WDM信号P 0がインタリーバ2 3および分波器2 7を通過することにより、分波されたチャネルc h 4、c h 8、…（チャネルc h [4 i]）の40 G b i t / s 光信号が分波器2 7から出力される。

#### 【0106】

なお、図9から分かるように、インタリーバ2 3の透過特性は、結果として、インタリーバ2 2の透過特性と同じになる。また、インタリーバと分波器の透過特性が逆であってもよい。例えば、インタリーバ2 2の出力ポートB 2 1側の透過特性が分波器2 4の破線のグラフ2 4の特性を有し、分波器2 4の透過特性がインタリーバ2 2の出力ポートB 2 1側の特性を有していてもよい。

#### 【0107】

次に、図8（B）に示す合波部について簡単に説明する。

#### 【0108】

合波器2 4には、チャネルc h [4 i - 3]の10 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 2に合波される。WDM信号P 2はインタリーバ2の入力ポートB 2 1に入力される。合波器2 5には、チャネルc h [4 i - 1]の10 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 3に合波される。WDM信号P 3はインタリーバ2 2の入力ポートB 2 2に入力される。合波器2 6には、チャネルc h [4 i - 2]の40 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 1に合波される。WDM信号P 3はインタリーバ2 3の入力ポートC 2 1に入力される。合波器2 7には、チャネルc h [4 i]の40 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 4に合波される。WDM信号P 4はインタリーバ2 3の入力ポートC 2 2に入力される。

#### 【0109】

WDM信号P 2およびP 3は、インタリーバ2 2を通過することにより、合波され、出力ポートB 2 0からカプラ1 1の入力ポートA 1 1に入力される。WDM信号P 1およびP 4は、インタリーバ2 3を通過することにより、合波され、出力ポートC 2 0からカプラ1 1の入力ポートA 1 2に入力される。

#### 【0110】

カプラ1 1に入力された信号は合波され、WDM信号P 0として出力ポートA

10から出力される。

#### 【0111】

各WDM信号を構成する光信号は、合波器24～27ならびにインタリーバ22および23の透過特性によりフィルタリングされ、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等が除去される。

#### 【0112】

このように、本実施の形態によると、インタリーバおよび分波器の中心周波数（中心波長）を調整することによって、10 Gbit/sおよび40 Gbit/s混載システムに柔軟に対応することができる。また、光信号のビットレートが変更される場合にも、インタリーバおよび分波器の中心周波数を調整することによって柔軟に対応することができる。

#### 【0113】

なお、光信号の変調方式（NRZ方式、RZ方式、CSRZ方式等）が変更される場合にも、光信号の帯域幅が変化するが、この場合にも、ビットレートが変更される場合と同様にして柔軟に対応することができる。

#### <第4の実施の形態>

本発明の第4の実施の形態では、狭帯域合分波器および狭帯域インタリーバにより、10 Gbit/sおよび40 Gbit/sの光信号が合分波される。

#### 【0114】

図10（A）は、本発明の第4の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図10（B）は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

#### 【0115】

分波部は、カップラ11、狭帯域インタリーバ13、ならびに狭帯域分波器31、4、および7を有する。第1の実施の形態と同じ構成要素（分波器4および7）および第2の実施の形態と同じ構成要素（カップラ11および狭帯域インタリーバ13）には同じ符号を付し、説明を省略する。

#### 【0116】

カップラ11から出力されたWDM信号P0は、分波器31および狭帯域インタ

リーバ 13 に入力される。

#### 【0117】

狭帯域分波器 31 は、100 GHz の周波数間隔を有し、内部に設けられた狭帯域フィルタにより、分波した各光信号の所定の帯域幅の信号成分のみを通過させる。このような狭帯域分波器 31 は、例えば、入力される各光信号を所定の透過帯域幅でフィルタリングする狭帯域フィルタを公知の AWG フィルタ等に組み込むことにより構成することができる。ここでは、狭帯域フィルタの帯域幅が 10 Gbit/s 光信号の帯域幅と同じ 25 GHz に設定され、したがって 25 GHz の帯域幅の信号成分のみが通過する。

#### 【0118】

図 11 は、狭帯域分波器 31 および狭帯域インタリーバ 13 の透過特性と、WDM 信号 P0 が狭帯域分波器 31 および狭帯域インタリーバ 13 によりフィルタリングされる様子を示している。

#### 【0119】

図 11 の第 2 段目のグラフ 31 は、狭帯域分波器 31 の透過特性を示している。狭帯域分波器 31 は、周波数間隔 100 GHz であるので、100 GHz 間隔で透過帯域および不透過帯域を繰り返す。また、内部に設けられた狭帯域フィルタにより、透過帯域の帯域幅は 25 GHz に縮小され、不透過帯域の帯域幅は 75 GHz に拡張されている。透過帯域の中心周波数は、周波数  $f_1$ 、 $f_3$ 、… ( $f_{[2i-1]}$ ) に設定される。

#### 【0120】

この狭帯域分波器 31 により、入力される WDM 信号 P0 のうち、チャンネル  $c_{h[2i-1]}$  の 10 Gbit/s 光信号のみが通過し、分波される。

#### 【0121】

図 7 を参照して説明したように、狭帯域インタリーバ 13 の出力ポート C11 側および出力ポート C12 側の透過特性は、それぞれ第 4 段目のグラフ C11 および第 6 段目のグラフ C12 となる。WDM 信号 P0 が狭帯域インタリーバ 13 を通過することにより、出力ポート C11 からは、チャンネル  $c_{h[4i-2]}$  の 40 GHz の WDM 信号が出力され、分波器 4 により各チャンネルに光信号に分波

される。また、出力ポート C12 からは、チャンネル  $ch[4i]$  の  $40\text{GHz}$  の WDM 信号が出力され、分波器 7 により各チャンネルに光信号に分波される。

#### 【0122】

次に、図 11 (B) に示す合波部について簡単に説明する。

#### 【0123】

合波器 31 には、チャンネル  $ch[2i-1]$  の  $10\text{Gbit/s}$  の光信号が入力され、合波された後、カプラ 11 に入力される。

#### 【0124】

合波器 4 には、チャンネル  $ch[4i-2]$  の  $40\text{Gbit/s}$  の光信号が入力され、合波された後、狭帯域インタリバー 13 の入力ポート C11 に入力される。合波器 7 には、チャンネル  $ch[4i]$  の  $40\text{Gbit/s}$  の光信号が入力され、合波された後、狭帯域インタリバー 13 の入力ポート C12 に入力される。

#### 【0125】

狭帯域インタリバー 13 は、入力ポート C11 および C12 に入力された WDM 信号を合波して出力ポート C10 からカプラ 11 に出力する。カプラ 11 では、分波器 31 および狭帯域インタリバー 13 からの WDM 信号が合波され、WDM 信号 P0 が出力される。

#### 【0126】

各合波器およびインタリバーによるフィルタリングにより、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等を除去することができる。

#### 【0127】

なお、合波部のカプラ 11 はインタリバーであってもよい。

#### 【0128】

このように本実施の形態によっても、 $10\text{Gbit/s}$  および  $40\text{bit/s}$  の光信号の合分波を行うことができる。また、分波器および狭帯域インタリバーの狭帯域フィルタを、信号の帯域幅に応じて設定することにより、光信号のビットレートが変更された場合にも柔軟に対応することができる。

#### 【0129】

なお、光信号の変調方式 (NRZ 方式、RZ 方式、CSRZ 方式等) が変更さ



れた場合にも、ビットレートが変更された場合と同様にして柔軟に対応することができる。

#### 【0130】

##### <第5の実施の形態>

本発明の第5の実施の形態では、狭帯域合分波器および広帯域合分波器により、10 Gbit/s および 40 Gbit/s の光信号の合分波が行われる。

#### 【0131】

図12 (A) は、本発明の第5の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図12 (B) は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

#### 【0132】

分波部は、カプラ11ならびに分波器51および52を有する。カプラ11は、図6に示す第2の実施の形態の同じ符号のものと同一であり、狭帯域インターバ31は第4の実施の形態の同じ符号のものと同一である。また、光信号P0もこれまで述べた実施の形態のものと同一である。

#### 【0133】

カプラ11に入力されたWDM信号P0は、狭帯域分波器31および広帯域分波器52に入力される。

#### 【0134】

図13は、狭帯域分波器31および広帯域分波器52の透過特性と、WDM信号P0が狭帯域分波器31および広帯域分波器52によりフィルタリングされる様子を示している。

#### 【0135】

図13の第2段目のグラフ31に示す狭帯域分波器31の透過特性により、WDM信号P0のうち、チャンネルch[2i-1]の10 Gbit/sの光信号が分波器31により分波され、出力される。

#### 【0136】

図13のグラフ52に示すように、広帯域分波器52は、100 GHz 間隔で透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返し、透過帯域の帯域幅は50 GHz か

ら 75 GHz に拡張され、不透過帯域は 50 GHz から 25 GHz に縮小されている。透過帯域の中心周波数は、周波数  $f[2i]$  に設定されている。このような特性を有する広帯域分波器 52 により、WDM 信号  $P0$  のうち、チャンネル  $ch[2i]$  の 40 Gbit/s の光信号が分波され、出力される。

#### 【0137】

次に、図 12 (B) に示す合波部について簡単に説明する。

#### 【0138】

合波器 31 には、チャンネル  $ch[2i-1]$  の 10 Gbit/s の光信号が入力され、合波された後、カプラ 11 に入力される。合波器 52 には、チャンネル  $ch[2i]$  の 40 Gbit/s の光信号が入力され、合波された後、カプラ 11 に入力される。カプラ 11 では、これら 2 つの合波器 31 および 52 からの WDM 信号が合波され、出力される。

#### 【0139】

各合波器の透過特性により、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等が除去される。

#### 【0140】

このように、本実施の形態によっても、10 Gbit/s および 40 Gbit/s 混載の光信号の合分波を行うことができる。また、狭帯域分波器および広帯域分波器の透過帯域（不透過帯域）を調整することにより、信号帯域の変更に柔軟に対応することができる。

#### 【0141】

<第 6 の実施の形態>

第 5 の実施の形態は、10 Gbit/s の光信号が 3 チャンネルに対して 40 Gbit/s の光信号が 1 チャンネルの割合で合波された WDM 信号の合分波を、インターリーバの組み合わせにより行うものである。

#### 【0142】

図 14 (A) は、本発明の第 6 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 14 (B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

## 【0143】

分波部は、インタリーバ61および62ならびに分波器63～65を有する。この分波部のインタリーバ61には、WDM信号P10が入力される。図15の最上段には、WDM信号P10が示されている。

## 【0144】

WDM信号P10は、25GHzの帯域幅の10Gbit/sの光信号が3チャンネルに対して、75GHzの帯域幅の40Gbit/sの光信号が1チャンネルの割合で合波された信号である。図15では、10Gbit/sの光信号は、3チャンネル隣接して配置され、これらの3チャンネルの10Gbit/s信号群の間に40Gbit/s信号が配置されている。具体的には、10Gbit/s信号はチャンネルch1～ch3、ch5～ch7、ch9～ch11、…に割り当てられ、40Gbit/s信号はチャンネルch4、ch8、ch12、…に割り当てられる。

## 【0145】

隣接する10Gbit/sの光信号は、25GHz間隔で配置されている。したがって、周波数 $f_1$ と $f_2$ との間に、周波数 $f_{10} = (f_1 + f_2) / 2$ のグリッドが設けられる。同様にして、周波数 $f_{20}$ 、 $f_{30}$ 、…のグリッドが設けられる。

## 【0146】

このWDM信号は、周波数利用効率0.47Gbit/s/Hzを有し、比較的高い周波数利用効率を得ることができる（図5（B）参照）。

## 【0147】

インタリーバ61は、第1の実施の形態のインタリーバ1と同様の機能を有するが、合分波後の周波数間隔がインタリーバ1と異なり、分波後の周波数間隔が150GHz間隔、合波後の周波数間隔が75GHzである。インタリーバ62も、インタリーバ1と同様の機能を有するが、合分波後の周波数間隔がインタリーバ1と異なり、分波後の周波数間隔が50GHz間隔であり、合波後の周波数間隔が25GHz間隔である。

## 【0148】

図15は、インタリーバ61および62の透過特性と、WDM信号P10がインタリーバ61および62によりフィルタリングされる様子を示している。

【0149】

図15の第2段目のグラフA61は、インタリーバ61の出力ポートA61側の透過特性を示している。出力ポートA61側では、75GHzの帯域幅を有する透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返し、透過帯域の中心周波数は、隣接する3チャンネルの中心のチャンネルch2、ch6、ch10、…のグリッドに設定される。これにより、第3段目に示すように、出力ポートA61からは、隣接する3チャンネルの10Gbit/s信号のみが出力され、40Gbit/s信号は除去される。出力された10Gbit/s信号は、インタリーバ62の入力ポートB60に入力される。

【0150】

第8段目のグラフA62は、インタリーバ61の出力ポートA62側の透過特性を示している。出力ポートA62側の透過特性は、出力ポートA61側の透過特性とは逆である。これにより、出力ポートA62からは、40Gbit/s信号のみが出力され、10Gbit/s信号は除去される。出力された40Gbit/s信号は、分波器65に与えられ、各波長の光信号に分波される。

【0151】

なお、分波器65は、150GHz間隔の中心周波数f10、f40、f80、…で帯域幅が少なくとも25GHzの透過帯域を有するAWGフィルタ等を使用することができる。

【0152】

第4段目のグラフB61は、インタリーバ62の出力ポートB61側の透過特性を示している。出力ポートB61側では、25GHzの帯域幅を有する透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返し、透過帯域の中心周波数は、チャンネルch[2i-1]のグリッドに設定される。これにより、10Gbit/s信号のうち、チャンネルch1、ch3、ch5、ch7、ch9、ch11、…のみが出力され、チャンネルch2、ch6、ch10、…は除去される。出力された10Gbit/s信号は、分波器63により各波長の光信号に分波される。

**【0153】**

なお、分波器63は、50GHz間隔の中心周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、…で帯域幅が少なくとも25GHzの透過帯域を有するAWGフィルタ等を使用することができ、分波器63の出力端子のうち、光信号が出力されない周波数 $f_3$ 、 $f_6$ 、 $f_9$ 、…の出力端子は使用されない。

**【0154】**

第6段目のグラフB62は、インタリーバ62の出力ポートB62側の透過特性を示し、この透過特性は、出力ポートB61側の透過特性（グラフB61）と逆になっている。したがって、出力ポートB62からは、チャンネル $ch_2$ 、 $ch_6$ 、 $ch_{10}$ 、…の10Gbit/s信号のみが出力され、他の10Gbit/s信号は除去される。出力された10Gbit/s信号は、分波器64により各波長の光信号に分波される。

**【0155】**

図14（B）に示す合波部では、チャンネル $ch_1$ 、 $ch_3$ 、 $ch_5$ 、 $ch_7$ 、 $ch_9$ 、 $ch_{11}$ 、…の10Gbit/s信号が合波器63に入力され、合波された後、インタリーバ62の入力ポートB61に入力される。また、チャンネル $ch_2$ 、 $ch_4$ 、 $ch_{10}$ 、…の10Gbit/s信号が合波器64に入力され、合波された後、インタリーバ62の入力ポートB62に入力される。

**【0156】**

チャンネル $ch_4$ 、 $ch_8$ 、 $ch_{12}$ 、…の40Gbit/s信号は、合波器65に入力され、合波された後、インタリーバ61の入力ポートA62に入力される。

**【0157】**

インタリーバ62は、合波器63および64からのWDM信号を合波し、合波後のWDM信号をインタリーバ61の入力ポートA61に入力する。インタリーバ61は、インタリーバ62および合波器65からのWDM信号を合波して出力する。

**【0158】**

このように、10Gbit/s信号と40Gbit/s信号とが3対1の割合

で配置されている場合においても、インタリーバを組み合わせるにより合分波することができる。

#### 【0159】

##### <第7の実施の形態>

本発明の第7の実施の形態では、第6の実施の形態と同じWDM信号P10が、第6の実施の形態と異なる構成のインタリーバにより合分波される。

#### 【0160】

図16(A)は、本発明の第7の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図16(B)は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

#### 【0161】

分波部は、カップラ11、インタリーバ62および61、ならびに分波器63～65を有する。インタリーバ62および61ならびに分波器63～65は、前述した第6の実施の形態における同じ符号を有するものとそれぞれ同じである。また、カップラ11は、第2の実施の形態等における同じ符号を有するものと同じである。

#### 【0162】

この分波部にも、第6の実施の形態と同じ信号配置のWDM信号P0が入力される。入力されたWDM信号P0は、カップラ11により2つに分岐され、インタリーバ62および61にそれぞれ入力される。

#### 【0163】

インタリーバ62の出力ポートB61からは、図17の第2段目に示す透過特性により、チャンネルch1、ch3、ch5、ch7、ch9、ch11、…の10Gbit/s信号が出力される（第3段目参照）。これに加えて、出力ポートB61からは、チャンネルch4、ch8、ch12、…の40Gbit/s信号の一部の成分r1、r2、r3、…が出力される。出力された信号および一部の成分は、分波器63に入力され、各信号に分波され、出力される。分波器63の出力端子のうち、一部の成分r1、r2、r3、…が出力される出力端子を使用しないことにより、これらの成分を除去することができる。

**【0164】**

インタリーバ62の出力ポートB62から、第4段目に示す透過特性により、10Gbit/sのチャネルch2、ch6、ch10、…に加えて、40Gbit/sの信号の一部の成分r4、r5、r6、…が出力される（第5段目参照）。出力された信号および一部の成分は、分波器64に入力され、各信号に分波され、出力される。分波器63の出力端子のうち、一部の成分r4、r5、r6、…が出力される出力端子を使用しないことにより、これらの成分を除去することができる。

**【0165】**

インタリーバ61では、出力ポートA62のみが使用され、出力ポートA61は使用されない。これにより、第6段目および第7段目に示すように、40Gbit/sのチャネルch4、ch8、ch12、…のみを分波器65から得ることができる。

**【0166】**

図16（B）に示す合波部では、チャネルch1、ch3、ch5、ch7、ch9、ch11、…の10Gbit/s信号が合波器63に入力され、合波された後、インタリーバ62の入力ポートB61に入力される。また、チャネルch2、ch4、ch10、…の10Gbit/s信号が合波器64に入力され、合波された後、インタリーバ62の入力ポートB62に入力される。

**【0167】**

チャネルch4、ch8、ch12、…の40Gbit/s信号は、合波器65に入力され、合波された後、インタリーバ61の入力ポートA62に入力される。インタリーバ61の入力ポートA61は使用されない。

**【0168】**

インタリーバ62は、合波器63および64からのWDM信号を合波し、合波後のWDM信号をカップラ11に入力する。インタリーバ61は、合波器65からのWDM信号をカップラ11に入力する。これにより、カップラ11からは、WDM信号P0が出力される。

**【0169】**

このように、10 Gbit/s 信号と 40 Gbit/s 信号とが 3 対 1 の割合で配置されている場合においても、インタリーバを組み合わせることにより合分波することができる。

#### 【0170】

(付記 1) 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を伝送する波長分割多重伝送システムにおいて、

前記波長分割多重信号を分波する分波部、および、入力される複数の光信号を合波する合波部の少なくとも一方を有し、

前記分波部は、分波された光信号を出力する複数の出力ポートを有し、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有し、

前記合波部は、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各入力ポートの透過特性によりフィルタリングして合波し、前記各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、

ことを特徴とする波長分割多重伝送システム。

#### 【0171】

(付記 2) 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を受信する光受信装置において、

前記波長分割多重信号を分波し、分波した光信号を複数の出力ポートから出力する分波部を備え、

各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有する、

ことを特徴する光受信装置。

#### 【0172】



(付記 3) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅  $F_1$  を有する第 1 光信号と透過帯域幅  $F_2$  を有する第 2 光信号とが周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) で交互に配置され、

前記分波部は、前記波長分割多重信号を入力する入力ポートと、前記第 1 光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第 1 出力ポートと、前記第 2 光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第 2 出力ポートとを有するインタリーバを備えている、

ことを特徴する光受信装置。

### 【0173】

(付記 4) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅  $F_1$  を有する第 1 光信号と透過帯域幅  $F_2$  を有する第 2 光信号とが周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリーバと、

前記第 1 ポートからの光信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記第 1 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、該第 3 ポートと逆の透過特性により前記第 1 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有する第 2 インタリーバと、

前記第 2 ポートからの光信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記第 2 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 5 ポートと、該第 5 ポートと逆の透過特性により前記第 2 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 6 ポートとを有する第 3 インタリーバと、

を備え、

前記第 1 および第 3 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号の信号帯域を含み、前記第 1 および第 4 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号の信号帯域を含むように、前記第 1、第 2、および第 3 インタリーバの透過帯域の中心周波数が前記第 1 および第 2 光信号の信号帯域の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴とする光受信装置。

#### 【0174】

(付記 5) 付記 4 において、

前記第 1 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に  $F1/2$  シフトし、

前記第 3 および第 5 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の高い側に  $F1/2$  シフトしている、

ことを特徴とする光受信装置。

#### 【0175】

(付記 6) 付記 4 または 5 において、

前記分波部は、前記第 3 ～ 第 6 ポートから出力される光信号を各波長の光信号に分波する分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

#### 【0176】

(付記 7) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅  $F1$  を有する第 1 光信号と透過帯域幅  $F2$  を有する第 2 光信号とが周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F1 + F2)/2$ ) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカプラと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第1光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 $F_1$ の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第1ポートと、該第1ポートの透過帯域から周波数 $2F$ だけシフトした帯域幅 $F_1$ の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第2ポートとを有する第1インタリーブと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第2光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 $F_2$ の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第3ポートと、該第3ポートの透過帯域から周波数 $2F$ だけシフトした帯域幅 $F_2$ の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第4ポートとを有する第2インタリーブと、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

#### 【0177】

(付記8) 付記7において、

前記分波部は、前記第1～第4ポートから出力される光信号を各波長の光信号に分波する分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

#### 【0178】

(付記9) 付記2において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 $F_1$ を有する第1光信号と透過帯域幅 $F_2$ を有する第2光信号とが周波数間隔 $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を2つのポートから出力するカプラと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第1ポートと、該第1ポートと逆の透過特性により前記波

長分割多重信号をフィルタリングして出力する第2ポートとを有する第1 インタリーバと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第3ポートと、該第3ポートと逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第4ポートとを有する第2 インタリーバと、

前記第1～第4ポートからの光信号がそれぞれ入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記第1～第4ポートからの光信号をそれぞれフィルタリングして各波長の光信号に分波して出力する第1～第4分波器と、

を備え、

前記第1ポートおよび前記第1分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第2ポートおよび前記第2分波器の透過帯域の重複部分が前記第1光信号の信号帯域を含み、前記第3ポートおよび前記第3分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第4ポートおよび前記第4分波器の透過特性の重複部分が前記第2光信号の信号帯域を含むように、前記第1および第2インタリーバならびに前記第1～第4分波器の透過帯域の中心周波数が、前記第1および第2光信号の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴とする光受信装置。

#### 【0179】

(付記10) 付記9において、

前記第1ポートの透過帯域の中心周波数は前記第1光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の高い側に  $3 \times F_1 / 2$  シフトし、

前記第1および第2分波器の透過帯域の中心周波数は前記第1光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に  $3 \times F_1 / 2$  シフトし、

前記第3ポートの透過帯域の中心周波数は前記第2光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に周波数  $F_1 / 2$  シフトし、

前記第3および第4分波器の透過帯域の中心周波数は前記第2光信号の信号帯

域の中心周波数に対して周波数の高い側に  $F_1/2$  シフトしている、  
ことを特徴とする光受信装置。

【0180】

(付記 11) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅  $F_1$  を有する第 1 光信号と透過帯域幅  $F_2$  を有する第 2 光信号とが周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2)/2$ ) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカップラと、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_1$  の透過帯域が周期  $2F$  で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングすると共に各波長の光信号に分波して出力する分波器と、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_2$  の透過帯域が周期  $4F$  で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートの透過帯域から周波数  $2F$  だけシフトした帯域幅  $F_2$  の透過帯域が周期  $4F$  で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有するインタリーバと、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

【0181】

(付記 12) 付記 11 において、

前記分波部は、前記インタリーバの前記第 1 および第 2 ポートからそれぞれ光信号を入力し、入力された光信号を各波長の光信号に分波して出力する第 1 および第 2 分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0182】

(付記 13) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅  $F_1$  を有する第 1 光信号と透過帯域幅  $F_2$  を有する第 2 光信号とが周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカップラと、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_1$  の透過帯域が周期  $2F$  で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングすると共に各波長の光信号に分波して出力する第 1 分波器と、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_2$  の透過帯域が周期  $2F$  で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングすると共に各波長の光信号に分波して出力する第 2 分波器と、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

### 【0183】

(付記 14) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、周波数間隔  $F_1$  で隣接して配置された透過帯域幅  $F_1$  の 3 つの第 1 光信号からなる第 1 光信号群と、前記第 1 光信号群の中央に位置する第 1 光信号の中心周波数から周波数間隔  $F$  ( $F = 3 \times F_1$ ) の位置に配置された透過帯域幅  $F_2$  ( $F_2 \leq F$ ) の 1 つの第 2 光信号とが交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、中心周波数が前記第 1 光信号群の中心に位置する第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅  $F$  の透過帯域と帯域幅  $F$  の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリバーと、

前記第 1 ポートからの光信号が入力され、中心周波数が前記第 1 光信号群の端

部に位置する第1光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 $F_1$ の透過帯域と帯域幅 $F_1$ の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記第1ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第3ポートと、該第3ポートの逆の透過特性により前記第1ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第4ポートとを有する第2インターバと、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

#### 【0184】

(付記15) 付記14において、

前記分波部は、前記第2、第3、および第4ポートから出力される光信号がそれぞれ入力され、入力された光信号を各波長の光信号に分波する第1、第2、および第3分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

#### 【0185】

(付記16) 付記2において、

前記波長分割多重信号は、周波数間隔 $F_1$ で隣接して配置された透過帯域幅 $F_1$ の3つの第1光信号からなる第1光信号群と、前記第1光信号群の中央に位置する第1光信号の中心周波数から周波数間隔 $F$  ( $F = 3 \times F_1$ ) の位置に配置された透過帯域幅 $F_2$  ( $F_2 \leq F$ ) の1つの第2光信号とが交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を2つのポートから出力するカップラと、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、中心周波数が前記第1光信号群の端部に位置する第1光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 $F_1$ の透過帯域と帯域幅 $F_1$ の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第1ポートと、該第1ポートの逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第2ポートとを有する第1インターバと、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、中心周波数が前記第2光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 $F$ の透過帯域と帯域幅 $F$ の不透過帯域とが

交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第3ポートを少なくとも有する第2インタリーブと、  
を備えていることを特徴とする光受信装置。

**【0186】**

(付記17) 付記16において、  
前記分波部は、前記第1、第2、および第3ポートから出力される光信号がそれぞれ入力され、入力された光信号を各波長の光信号に分波する第1、第2、および第3分波器をさらに備えている、  
ことを特徴とする光受信装置。

**【0187】**

(付記18) 異なる信号帯域幅を有する複数の光信号を波長分割多重して送信する光送信装置において、  
前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各ポートの透過特性によりフィルタリングして合波する合波部を備え、  
前記合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、  
ことを特徴する光送信装置。

**【0188】**

(付記19) 付記18において、  
前記複数の光信号は、それぞれが透過帯域幅  $F_1$  を有し、周波数間隔  $4F$  で配置された複数の光信号からなる第1光信号群と、それぞれが透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第1光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) の位置に配置された複数の光信号からなる第2光信号群と、それぞれが透過帯域幅  $F_1$  を有し、前記第1光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号からなる第3光信号群と、それぞれが前記透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第2光信号群を構成する各光信号の周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号からなる第4光信号群とからなり、



前記合波部は、

前記第 1 光信号群が入力され、帯域幅  $F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 1 ポートと、前記第 2 光信号群が入力され、該第 1 ポートと逆の透過特性を有する第 2 ポートとを有し、該第 1 および第 2 ポートにそれぞれ入力された前記第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

前記第 3 光信号群が入力され、帯域幅  $F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 3 ポートと、前記第 4 光信号群が入力され、該第 3 ポートと逆の透過特性を有する第 4 ポートとを有し、該第 3 および第 4 ポートにそれぞれ入力された前記第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 インタリーバからの光信号が入力され、帯域幅  $F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 5 ポートと、前記第 2 インタリーバからの光信号が入力され、該第 5 ポートと逆の透過特性を有する第 6 ポートとを有し、前記第 5 および第 6 ポートに入力された光信号を合波して出力する第 3 インタリーバと、

を備え、

前記第 1 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 3 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 3 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 4 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 4 光信号群の各光信号の信号帯域を含むように、前記第 1、第 2、および第 3 インタリーバの透過帯域の中心周波数が前記第 1 および第 2 光信号群の各光信号の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴する光送信装置。

【0189】

(付記 20) 付記 19 において、

前記第 1 および第 4 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の高い側に  $F/2$  シフトし、

前記第 5 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号群の各光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に  $F_1/2$  シフトしている、  
ことを特徴とする光送信装置。

【0190】

(付記 21) 付記 19 または 20 において、  
前記合波部は、  
前記第 1 光信号群の各光信号を合波して該第 1 光信号群を生成し前記第 1 ポートにする第 1 合波器と、  
前記第 2 光信号群の各光信号を合波して該第 2 光信号群を生成し前記第 2 ポートにする第 2 合波器と、  
前記第 3 光信号群の各光信号を合波して該第 3 光信号群を生成し前記第 3 ポートにする第 3 合波器と、  
前記第 4 光信号群の各光信号を合波して該第 4 光信号群を生成し前記第 4 ポートにする第 4 合波器と、  
をさらに備えていることを特徴とする光送信装置。

【0191】

(付記 22) 付記 18 において、  
前記複数の光信号は、それぞれが透過帯域幅  $F_1$  を有し、周波数間隔  $4F$  で配置された複数の光信号からなる第 1 光信号群と、それぞれが透過帯域幅  $F_1$  を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号からなる第 2 光信号群と、それぞれが透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2)/2$ ) の位置に配置された複数の光信号からなる第 3 光信号群と、それぞれが前記透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第 3 光信号群を構成する各光信号の周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号からなる第 4 光信号群とからなり、

前記第 1 光信号群が入力され、該第 1 光信号群の各光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_1$  の透過帯域を有する透過特性により前記第 1 光信号群をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、前記第 2 光信号群が入力され、

前記第 1 ポートの透過帯域から周波数  $2F$  だけシフトした帯域幅  $F$  の透過帯域を有する透過特性により前記第 3 光信号群をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

前記第 3 光信号群が入力され、該第 3 光信号群の各光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F$  の透過帯域を有する透過特性により前記第 3 光信号群をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、前記第 4 光信号群が入力され、前記第 3 ポートの透過帯域から周波数  $2F$  だけシフトした帯域幅  $F$  の透過帯域を有する透過特性により前記第 4 光信号群をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 および第 2 インタリーバからの信号群を合波して出力するカップラと、  
を備えていることを特徴とする光送信装置。

#### 【0192】

(付記 23) 付記 22 において、  
前記合波部は、  
前記第 1 光信号群の各光信号を合波して該第 1 光信号群を生成し前記第 1 ポートに入力する第 1 合波器と、  
前記第 2 光信号群の各光信号を合波して該第 2 光信号群を生成し前記第 2 ポートに入力する第 2 合波器と、  
前記第 3 光信号群の各光信号を合波して該第 3 光信号群を生成し前記第 3 ポートに入力する第 3 合波器と、  
前記第 4 光信号群の各光信号を合波して該第 4 光信号群を生成し前記第 4 ポートに入力する第 4 合波器と、  
をさらに備えていることを特徴とする光送信装置。

#### 【0193】

(付記 24) 付記 18 において、  
前記合波部は、  
透過帯域幅  $F$  を有し、周波数間隔  $4F$  で配置された複数の光信号が入力され

、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 1 光信号群に合波して出力する第 1 合波器と、

透過帯域幅  $F_1$  を有し、前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 2 光信号群に合波して出力する第 2 合波器と、

透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数から周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) の位置に配置された複数の光信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 3 光信号群に合波して出力する第 3 合波器と、

透過帯域幅  $F_2$  を有し、前記第 3 光信号群の各光信号の中心周波数から周波数間隔  $2F$  の位置に配置された複数の光信号が入力され、帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 4 光信号群に合波して出力する第 4 合波器と、

帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により、前記第 1 合波器からの前記第 1 光信号群をフィルタリングする第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記第 2 合波器からの前記第 2 光信号群をフィルタリングする第 2 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

帯域幅  $2F$  の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により、前記第 3 合波器からの前記第 3 光信号群をフィルタリングする第 3 ポートと、該第 3 ポートと逆の透過特性により前記第 4 合波器からの前記第 4 光信号群をフィルタリングする第 4 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 2 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 および第 2 インタリーバからの光信号群を合波して出力するカプラと、  
を備え、

前記第 1 ポートおよび前記第 1 分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第 2 ポートおよび前記第 2 分波器の透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 3 ポートおよび前記第 3 分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第 4 ポートおよび前記第 4 分波器の透過特性の重複部分が前記第 2 光信号の各光信号の信号帯域を含むように、前記第 1 および第 2 インタリバーならびに前記第 1 ～第 4 分波器の透過帯域の中心周波数が、前記第 1 および第 2 光信号群の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴とする光送信装置。

#### 【0194】

(付記 24) 付記 23 において、

前記第 1 ポートの透過帯域の中心周波数は前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の高い側に  $3 \times F_1 / 2$  シフトし、

前記第 1 および第 2 合波器の透過帯域の中心周波数は前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の低い側に  $3 \times F_1 / 2$  シフトし、

前記第 3 ポートの透過帯域の中心周波数は前記第 3 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の低い側に周波数  $F_1 / 2$  シフトし、

前記第 3 および第 4 合波器の透過帯域の中心周波数は前記第 3 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の高い側に  $F_1 / 2$  シフトしている、

ことを特徴とする光送信装置。

#### 【0195】

(付記 25) 付記 18 において、

前記合波部は、

透過帯域幅  $F_1$  を有する複数の第 1 光信号が周波数間隔  $2F$  ( $F > F_1$ ) で入力され、該複数の第 1 光信号の各中心周波数を中心とした帯域幅  $F_1$  の透過帯域を有する透過特性により前記複数の第 1 光信号をフィルタリングすると共に第 1 光信号群に合波して出力する合波器と、

透過帯域幅  $F_2$  を有する複数の第 2 光信号が前記第 1 光信号群の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔  $F$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) の位置に配置された第 2 光信号群が入力され、前記第 2 光信号群の各信号帯域の中心周波数を

中心とした帯域幅  $F_2$  の透過帯域を有する透過特性により前記第 2 光信号群をフィルタリングする第 1 ポートと、透過帯域幅  $F_2$  を有する複数の第 3 光信号が前記第 1 光信号群の前記 1 つおきの信号帯域以外の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔  $F$  の位置に配置された第 3 光信号群が入力され、前記第 3 光信号群の各信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_2$  の透過帯域を有する透過特性により前記第 3 光信号群をフィルタリングする第 2 ポートとを有し、前記フィルタリング後の第 2 および第 3 光信号群を合波して出力するインタリバーと、前記合波器および前記インタリバーからの光信号を合波して出力するカプラと

を備えていることを特徴とする光送信装置。

#### 【0196】

(付記 26) 付記 25 において、

前記合波部は、

前記複数の第 2 光信号が前記第 1 光信号群の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔  $F$  の位置に周波数間隔  $4F$  で入力され、該入力された複数の第 2 光信号を合波して前記第 1 ポートに出力する第 1 合波器と、

前記複数の第 3 光信号が前記第 1 光信号群の前記 1 つおきの信号帯域以外の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔  $F$  の位置に周波数間隔  $4F$  で入力され、該入力された複数の第 2 光信号を合波して前記第 2 ポートに出力する第 2 合波器と、

をさらに備えていることを特徴とする光送信装置。

#### 【0197】

(付記 27) 付記 18 において、

前記合波部は、

透過帯域幅  $F_1$  を有する複数の第 1 光信号が周波数間隔  $2F$  ( $F > F_1$ ) で入力され、該複数の第 1 光信号の各中心周波数を中心とした帯域幅  $F_1$  の透過帯域を有する透過特性により前記複数の第 1 光信号をフィルタリングすると共に第 1 光信号群に合波して出力する第 1 合波器と、

透過帯域幅  $F_2$  ( $F \geq (F_1 + F_2) / 2$ ) を有する複数の第 2 光信号が前記

複数の第1光信号の各中心周波数から周波数 $F$ シフトした周波数位置で入力され、該複数の第2光信号の各中心周波数を中心とした帯域幅 $F_2$ の透過帯域を有する透過特性により前記複数の第2光信号をフィルタリングすると共に第2光信号群に合波して出力する第2合波器と、

前記第1および第2合波器からの光信号を合波して出力するカップラと、  
を備えていることを特徴とする光送信装置。

#### 【0198】

(付記28) 付記18において、  
前記合波部は、

周波数間隔 $F_1$ で隣接して配置された透過帯域幅 $F_1$ の3つの第1光信号が周波数間隔 $6 \times F_1$ で複数組配置された第1光信号群が入力され、該第1光信号群の各組の中央に位置する第1光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 $3 \times F_1$ の透過帯域を有する透過特性により前記第1光信号群をフィルタリングする第1ポートと、前記第1光信号群の各組の中央に位置する第1光信号の中心周波数から周波数 $3 \times F_1$ シフトした周波数を中心とする透過帯域幅 $F_2$  ( $F_2 \leq 3 \times F_1$ )の複数の第2光信号からなる第2光信号群が入力され、前記第1ポートと逆の透過特性により前記第2光信号群をフィルタリングする第2ポートとを有し、前記フィルタリング後の第1および第2光信号群を合波して出力する第1インターバを備えている、

ことを特徴とする光送信装置。

#### 【0199】

(付記29) 付記28において、  
前記合波部は、

前記第1光信号群の各組の両端の第1光信号からなる第3光信号群が入力され、該両端の一方の第1光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 $F_1$ の透過帯域とこれに隣接する帯域幅 $F_1$ の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により該第3光信号群をフィルタリングする第3ポートと、前記第1光信号群の各組の中央の第1光信号からなる第4光信号群が入力され、前記第3ポートと逆の透過特性により該第4光信号群をフィルタリングする第4ポートとを有し、前記フィルタ

リング後の第3および第4光信号群を合波して出力する第2インタリーバをさらに備えている、

ことを特徴とする光送信装置。

#### 【0200】

(付記30) 付記18において、  
前記合波部は、

周波数間隔  $F_1$  で隣接して配置された透過帯域幅  $F_1$  の3つの第1光信号が周波数間隔  $6 \times F_1$  で複数組配置された第1光信号群のうち、各組の両端の第1光信号からなる第3光信号群が入力され、該両端の一方の第1光信号の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_1$  の透過帯域とこれに隣接する帯域幅  $F_1$  の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により該第3光信号群をフィルタリングする第1ポートと、前記第1光信号群の各組の中央の第1光信号からなる第4光信号群が入力され、前記第1ポートと逆の透過特性により該第4光信号群をフィルタリングする第2ポートとを有し、前記フィルタリング後の第3および第4光信号群を合波して出力する第1インタリーバと、

前記第1光信号群の各組の中央に位置する第1光信号の中心周波数から周波数  $3 \times F_1$  シフトした周波数を中心とする透過帯域幅  $F_2$  ( $F_2 \leq 3 \times F_1$ ) の複数の第2光信号からなる第2光信号群が入力され、各第2光信号の中心周波数を中心とした帯域幅  $F_2$  の透過帯域とこれに隣接する帯域幅  $F_2$  の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記第2光信号群をフィルタリングして出力する第2インタリーバと、

前記第1および第2インタリーバからの光信号群を合波するカプラと、  
を備えている光送信装置。

#### 【0201】

##### 【発明の効果】

本発明によると、伝送速度が異なり、または、変調方式が異なることにより、信号帯域幅が異なる光信号が波長分割多重された光信号を伝送品質の劣化の少ない状態で分波および合波して伝送できるWDM伝送システムならびに該システムを構成する光送信装置および光受信装置を提供することができる。また、本発明



によると、周波数利用効率が高いWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することができる。さらに、ITU-T等により規定された信号波長配置を用いることできるWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

(A) は、本発明の第 1 の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

##### 【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態による分波部に入力される、あるいは、合波部により合波された光信号群を周波数軸上に配置したものを示す。

##### 【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態によるインタリーバの透過特性を示す。

##### 【図 4】

本発明の第 1 の実施の形態によるインタリーバの透過特性およびWDM信号がインタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

##### 【図 5】

(A) は、4 0 G b i t / s のWDM伝送システムにおいて、光信号間の周波数間隔を 5 0 G H z 、 7 5 G H z 、 および 1 0 0 G H z に変化させた場合のフィルタ帯域幅と Q 値との関係を示すグラフである。(B) は、ビットレートおよび波長間隔と周波数利用効率との関係を示す表である。

##### 【図 6】

(A) は、本発明の第 2 の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

##### 【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態によるインタリーバの透過特性およびWDM信号がインタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

**【図 8】**

(A) は、本発明の第 3 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

**【図 9】**

本発明の第 3 の実施の形態による インタリーバおよび分波器の透過特性と、WDM 信号がインタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

**【図 1 0】**

(A) は、本発明の第 4 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

**【図 1 1】**

本発明の第 4 の実施の形態による 狭帯域分波器および狭帯域インタリーバの透過特性と、WDM 信号が狭帯域分波器および狭帯域インタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

**【図 1 2】**

(A) は、本発明の第 5 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり (B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

**【図 1 3】**

本発明の第 5 の実施の形態による 狭帯域分波器および広帯域分波器の透過特性と、WDM 信号が狭帯域分波器および広帯域分波器によりフィルタリングされる様子を示している。

**【図 1 4】**

(A) は、本発明の第 6 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

**【図 1 5】**

本発明の第 6 の実施の形態による インタリーバの透過特性と、WDM 信号がイ

インタリバーによりフィルタリングされる様子を示す。

【図 16】

(A) は、本発明の第 7 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 17】

本発明の第 7 の実施の形態による狭帯域分波器の透過特性と、WDM 信号が狭帯域分波器によりフィルタリングされる様子を示す。

【符号の説明】

インタリバー 1, 2, 3, 22, 23, 61, 62

分波器 4～7, 24～27, 63～65

合波器 4～7, 24～27, 63～65

狭帯域インタリバー 12, 13

狭帯域分波器 31

狭帯域合波器 31

広帯域合波器 52

広帯域分波器 52

カプラ 11

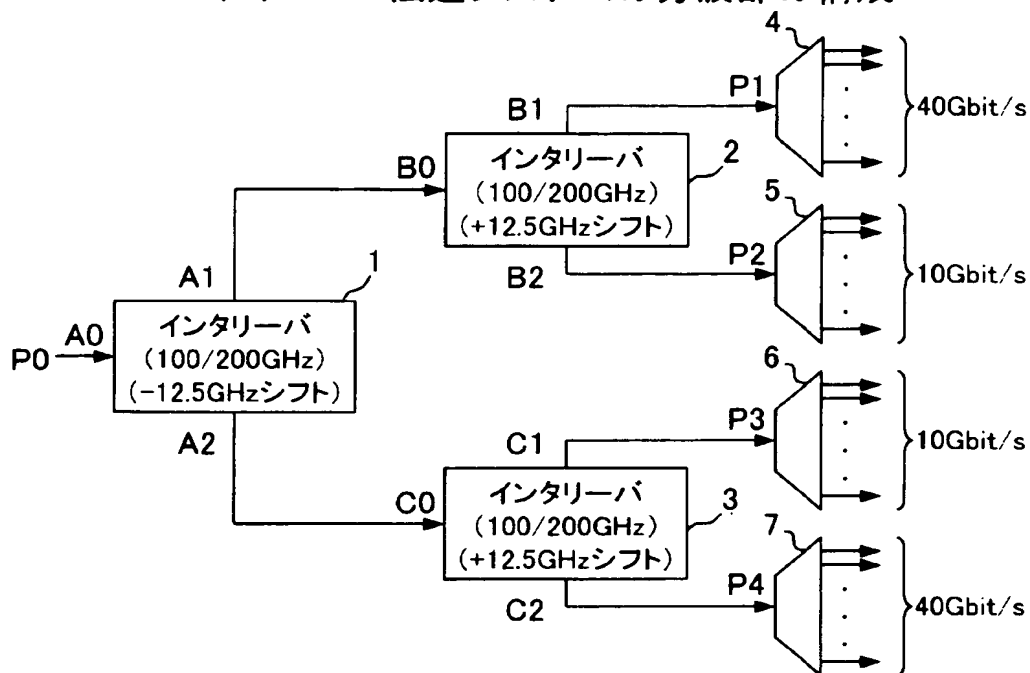
【書類名】

図面

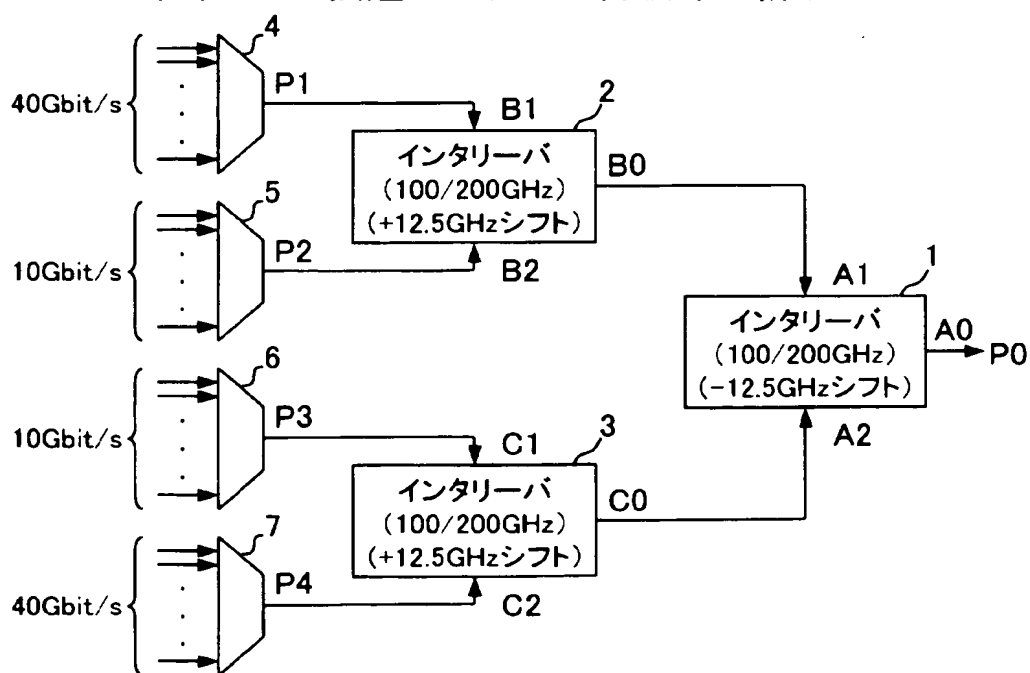
【図 1】

## 第1の実施の形態

## (A) WDM伝送システムの分波部の構成

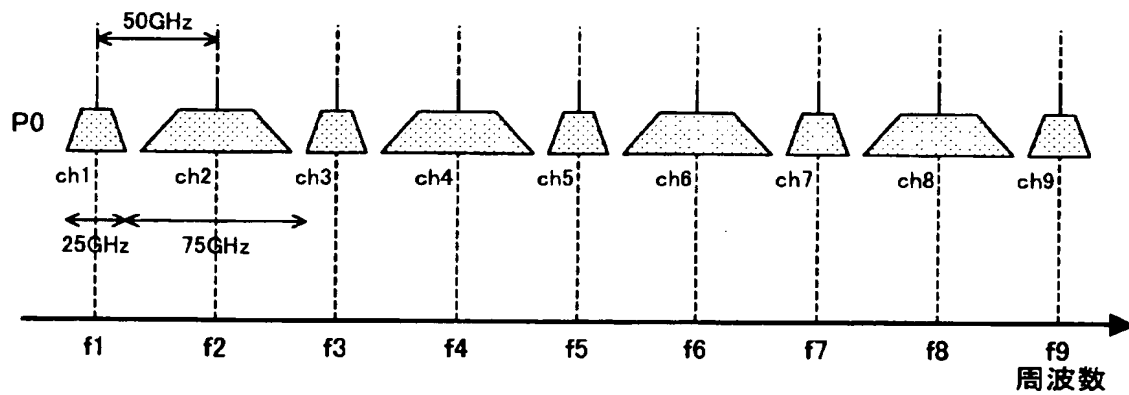


## (B) WDM伝送システムの合波部の構成



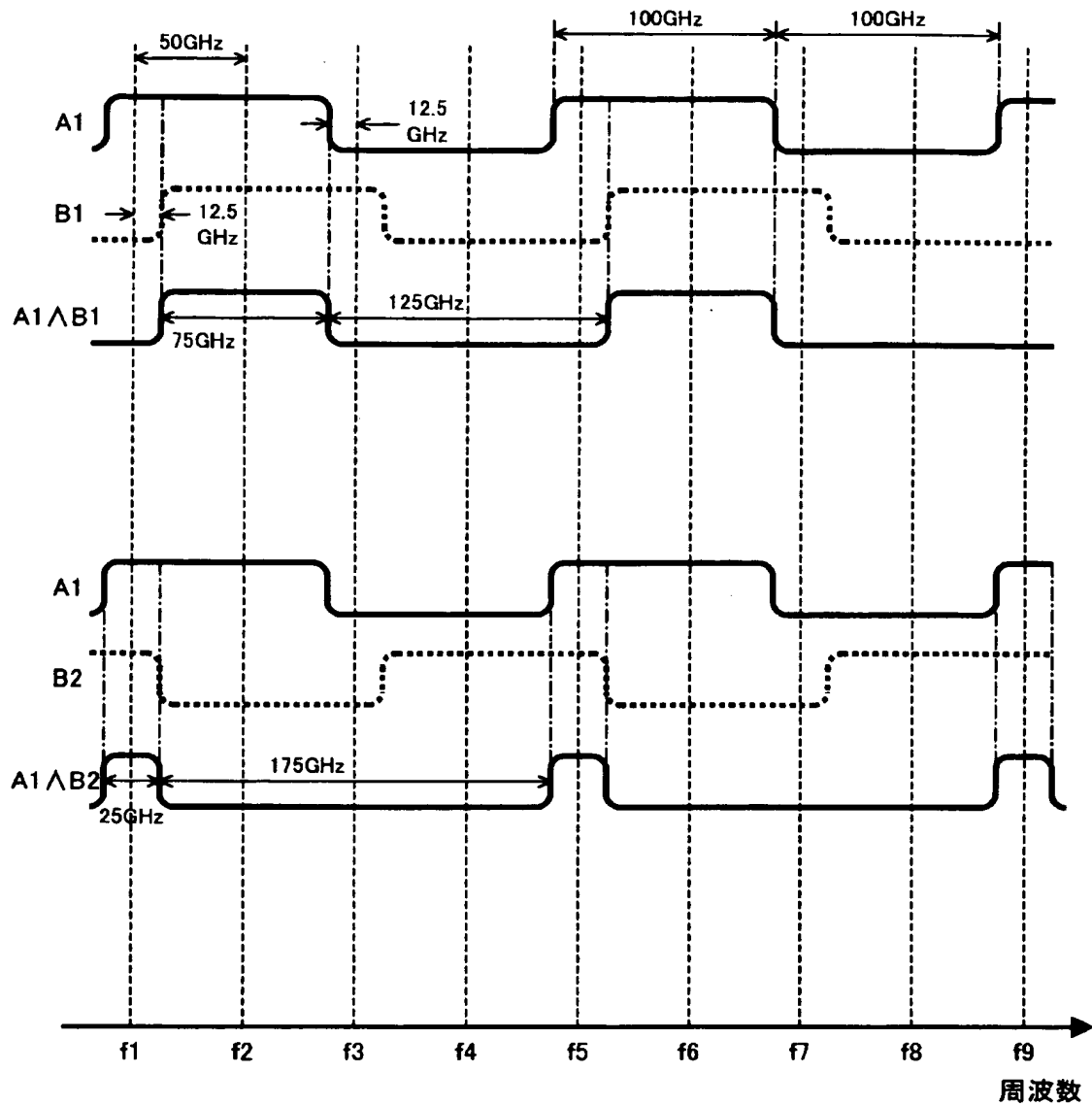
【図 2】

## 10Gbit/sと40Gbit/s混載WDM信号の一例

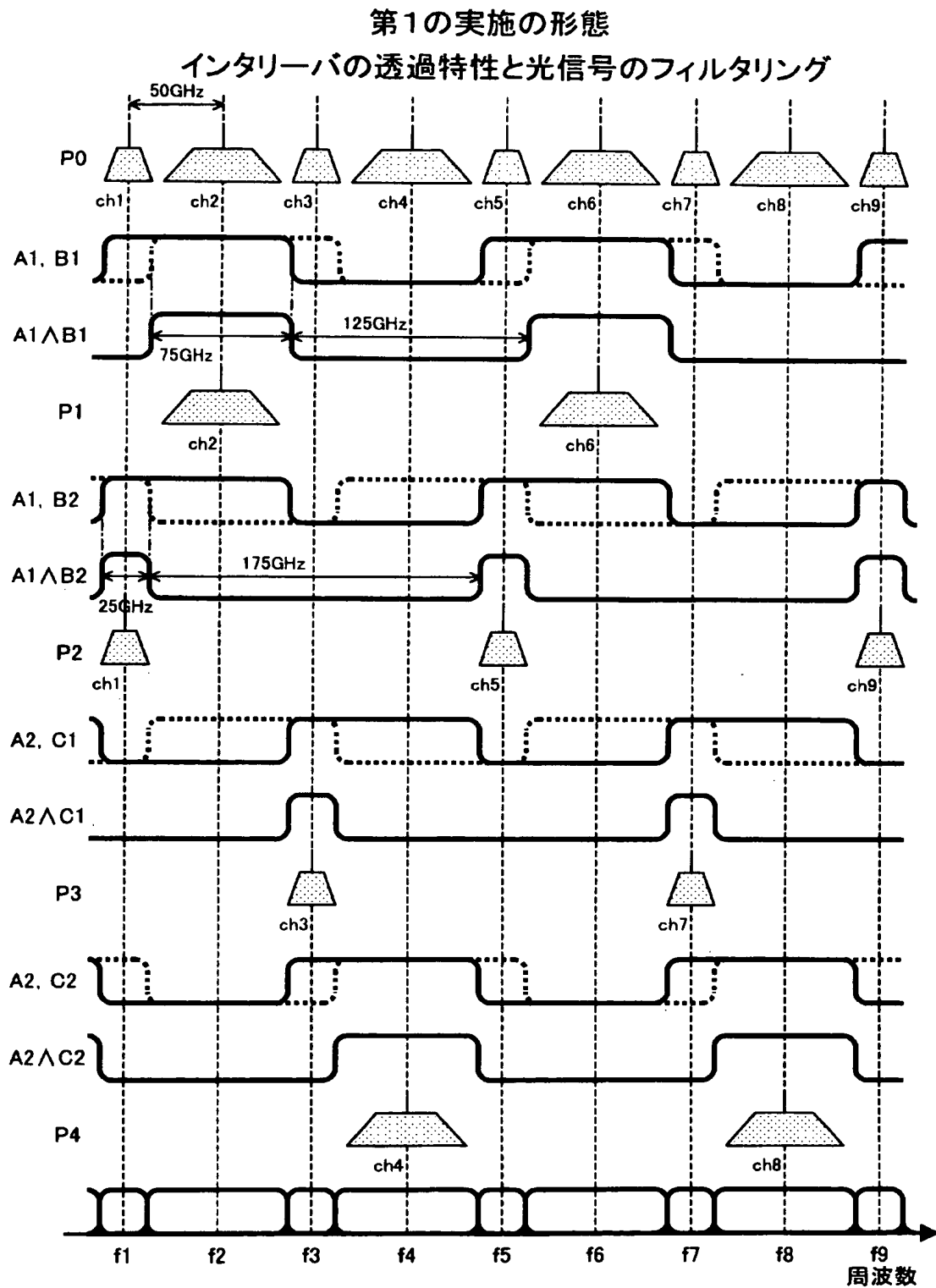


【図 3】

第1の実施の形態  
インタリーバの透過特性

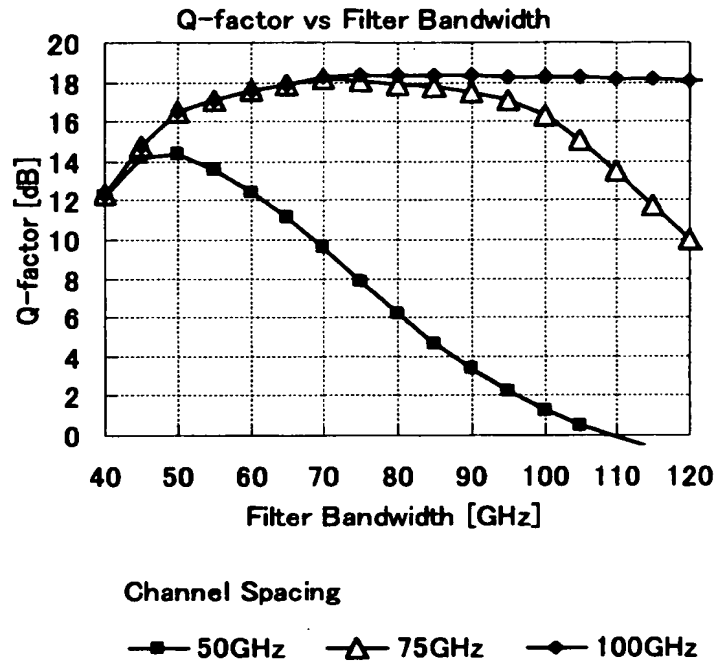


【図 4】



【図5】

## (A) フィルタ帯域幅 に対するQ値



## (B) 周波数利用効率の比較

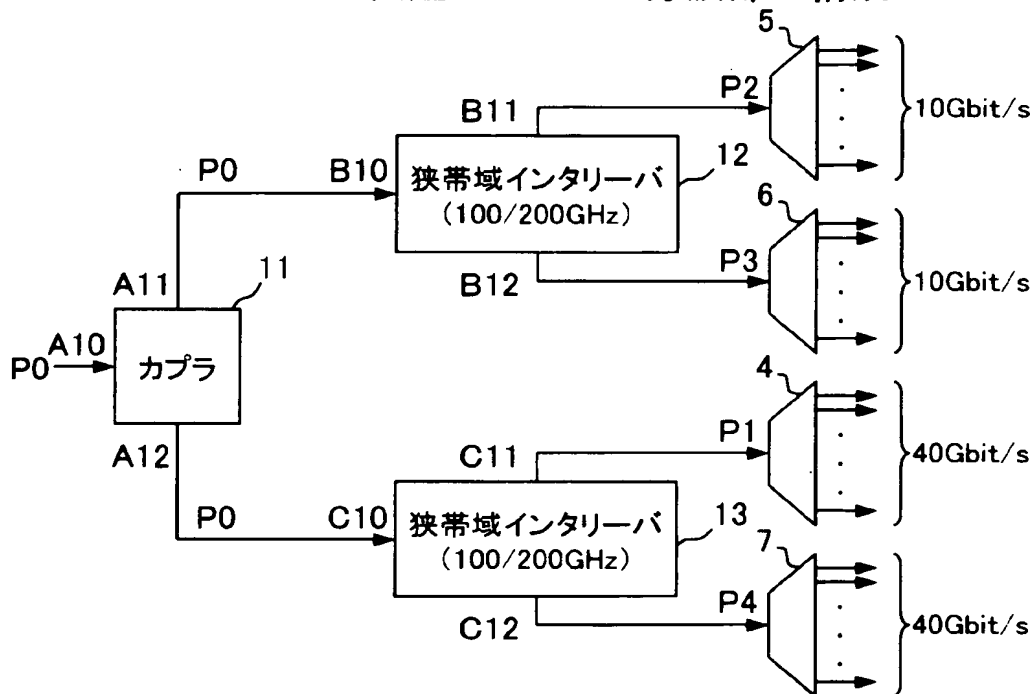
ビットレート	波長間隔	周波数利用効率
10 Gbit/s	50 GHz	0.20
10 Gbit/s	25 GHz	0.40
40 Gbit/s	100 GHz	0.40
<b>10 Gbit/s &amp; 40 Gbit/s</b>	<b>50 GHz</b>	<b>0.50</b>
40 Gbit/s	75 GHz	0.53



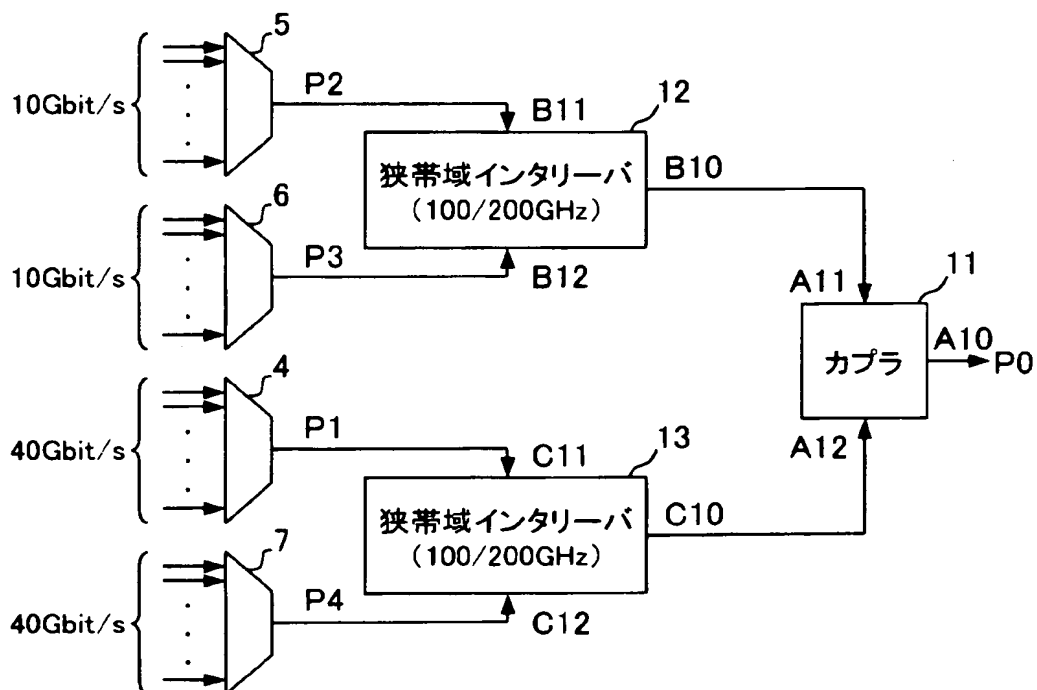
【図 6】

## 第2の実施の形態

## (A) WDM伝送システムの分波部の構成

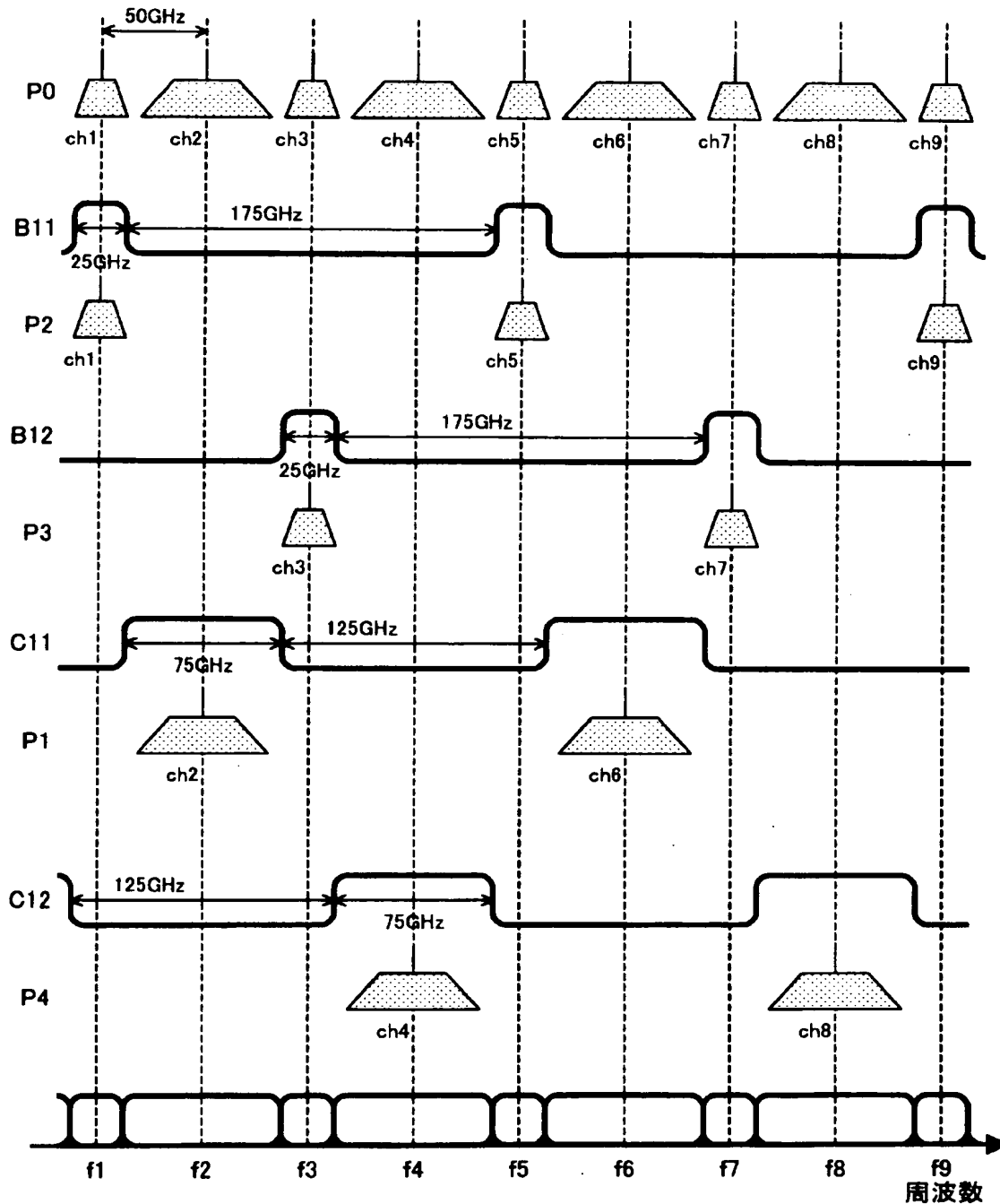


## (B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 7】

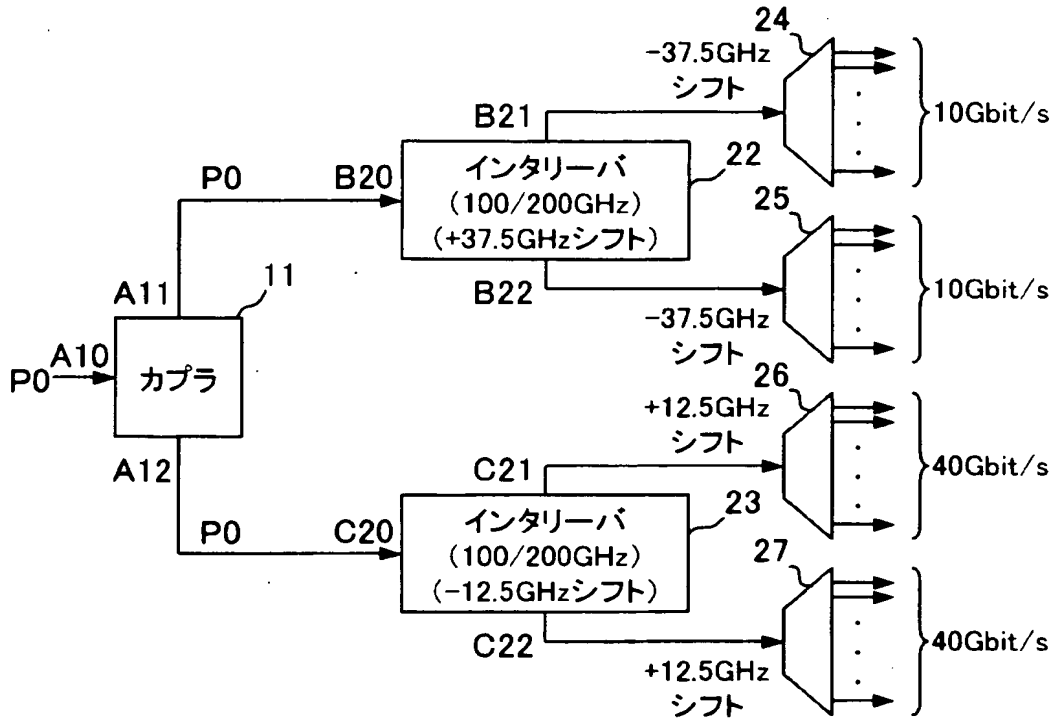
第2の実施の形態  
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング



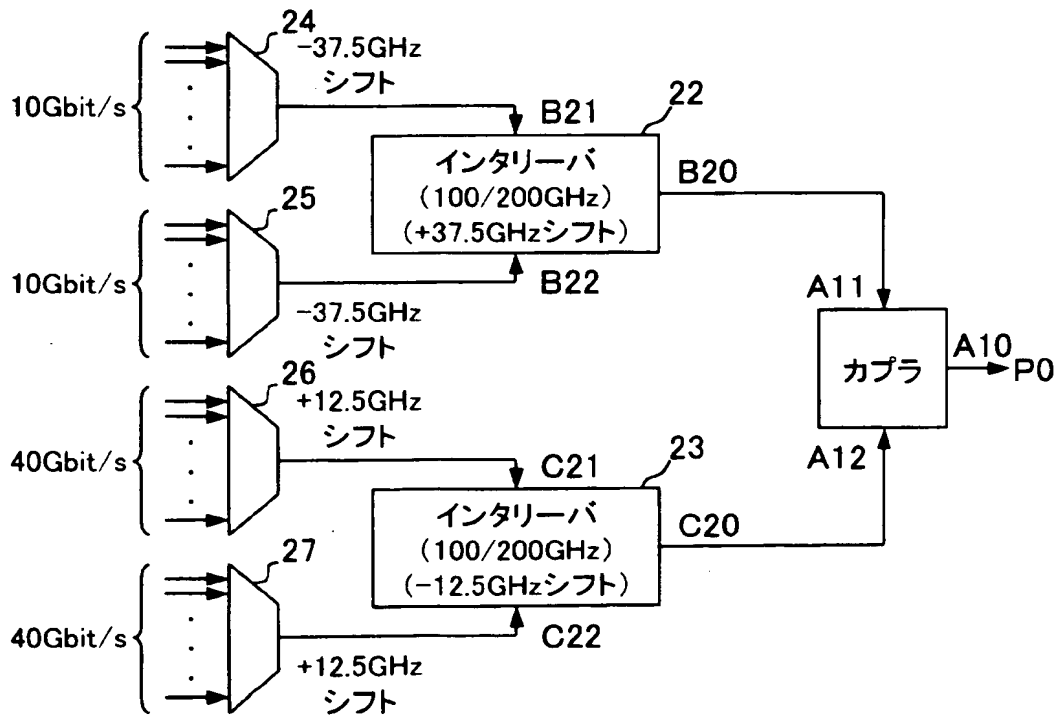
【図 8】

## 第3の実施の形態

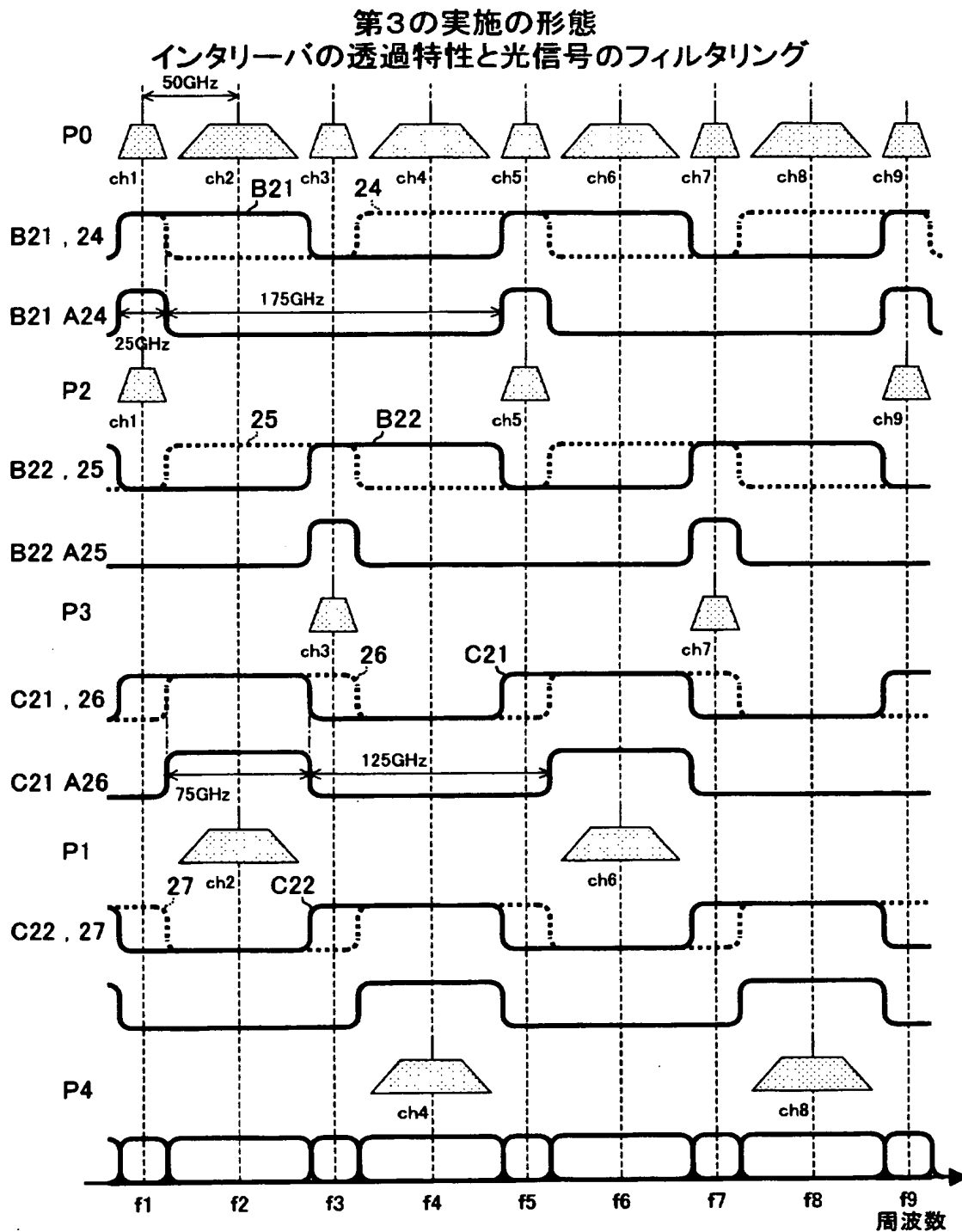
## (A) WDM伝送システムの分波部の構成



## (B) WDM伝送システムの合波部の構成

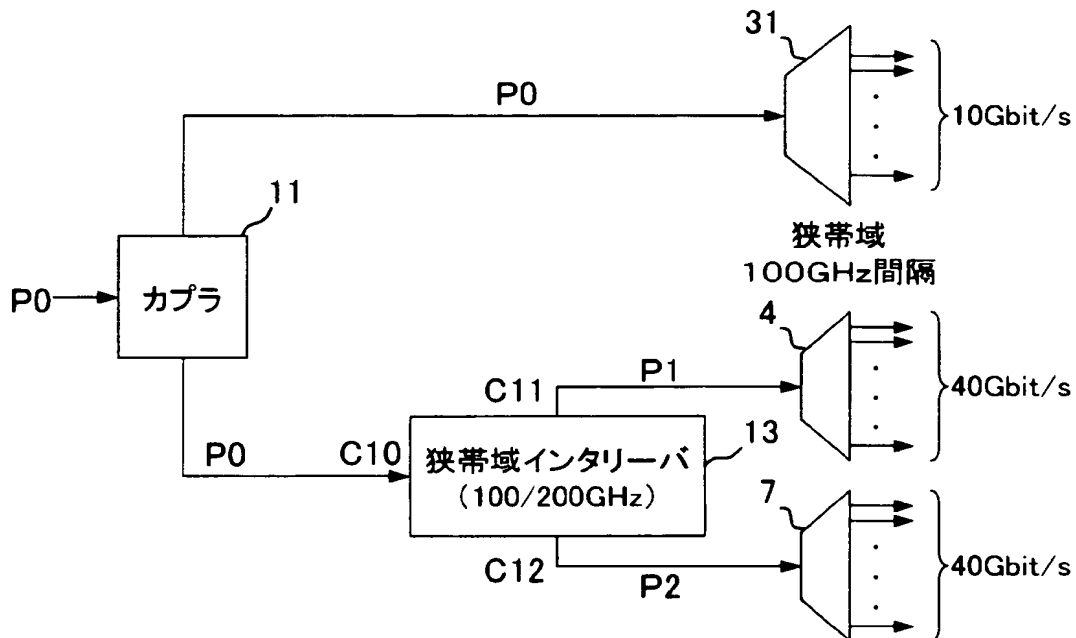


【図9】

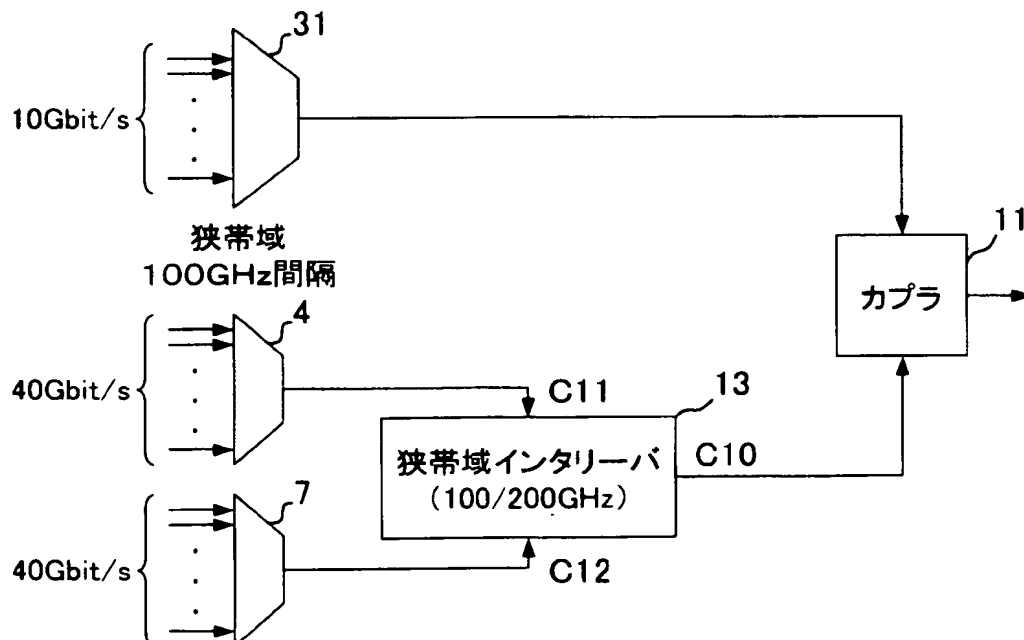


【図10】

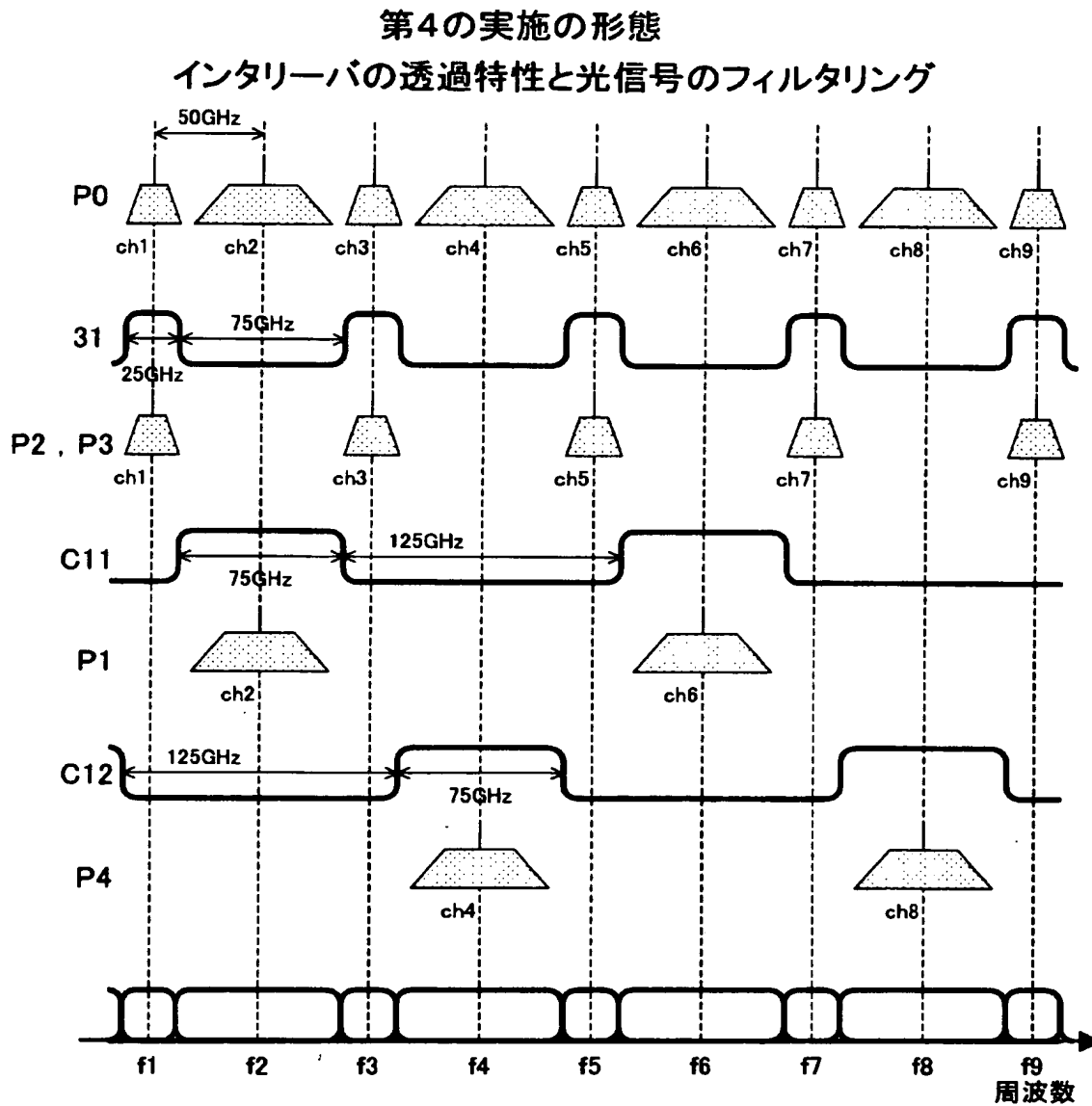
第4の実施の形態  
(A) WDM伝送システムの分波部の構成



(B) WDM伝送システムの合波部の構成



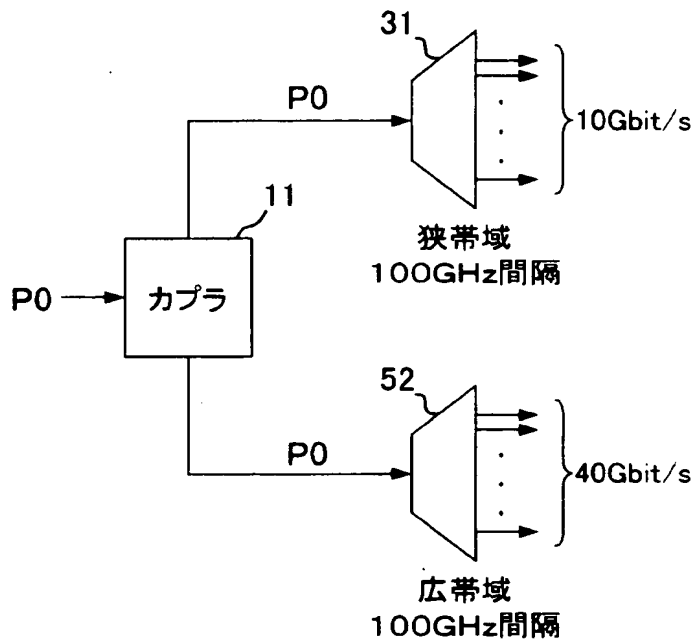
【図 11】



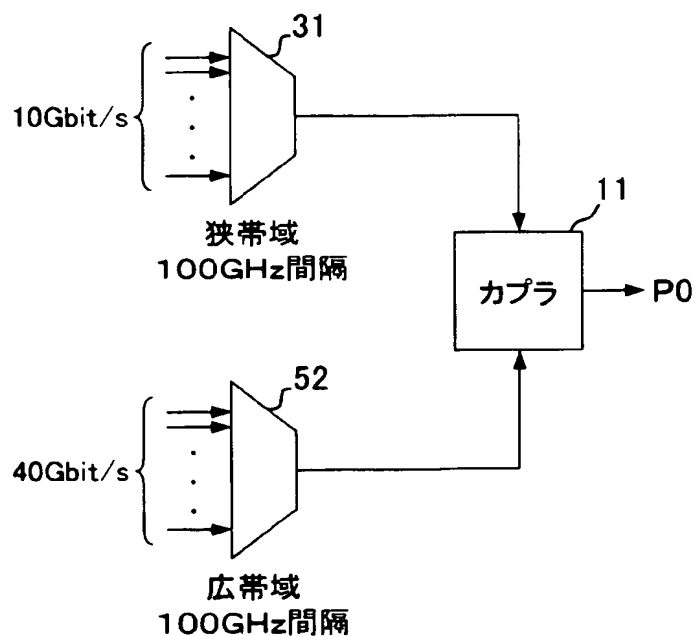
【図 12】

## 第5の実施の形態

## (A) WDM伝送システムの分波部の構成

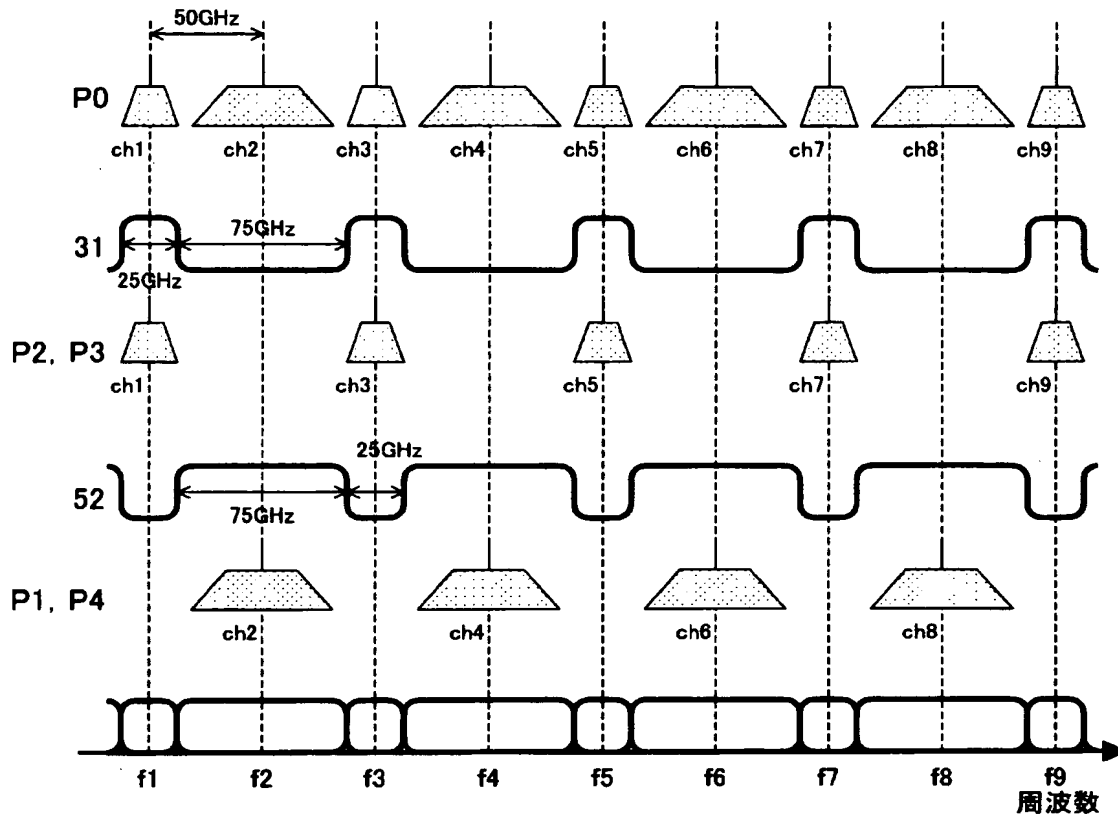


## (B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 13】

第5の実施の形態  
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング

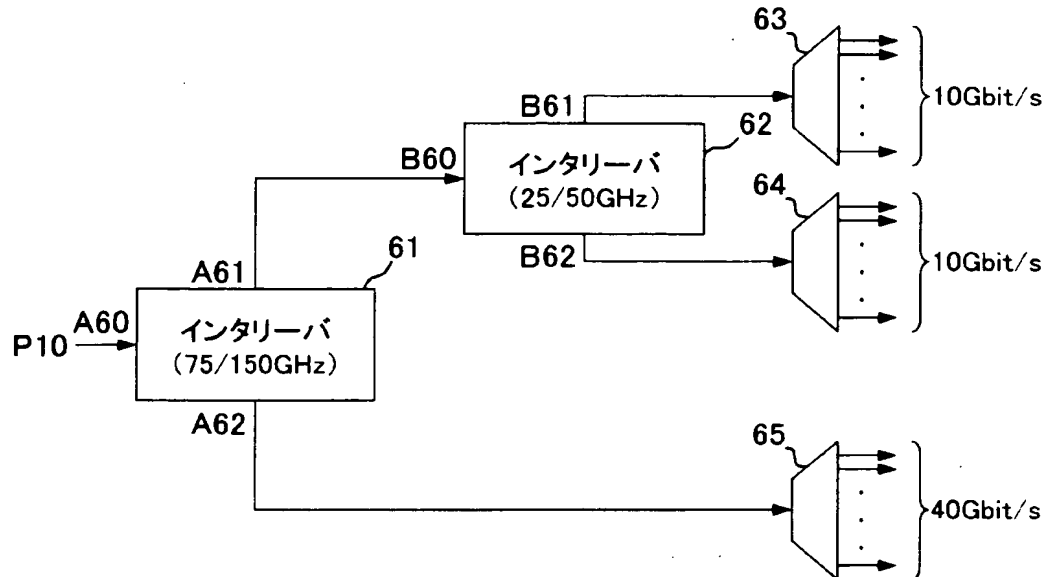




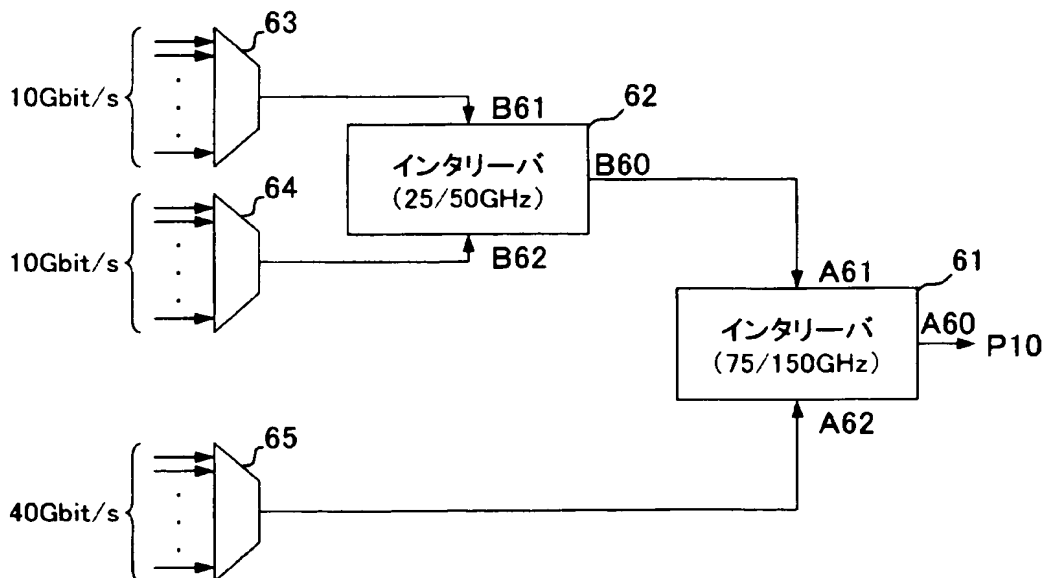
【図 14】

## 第6の実施の形態

## (A) WDM伝送システムの分波部の構成

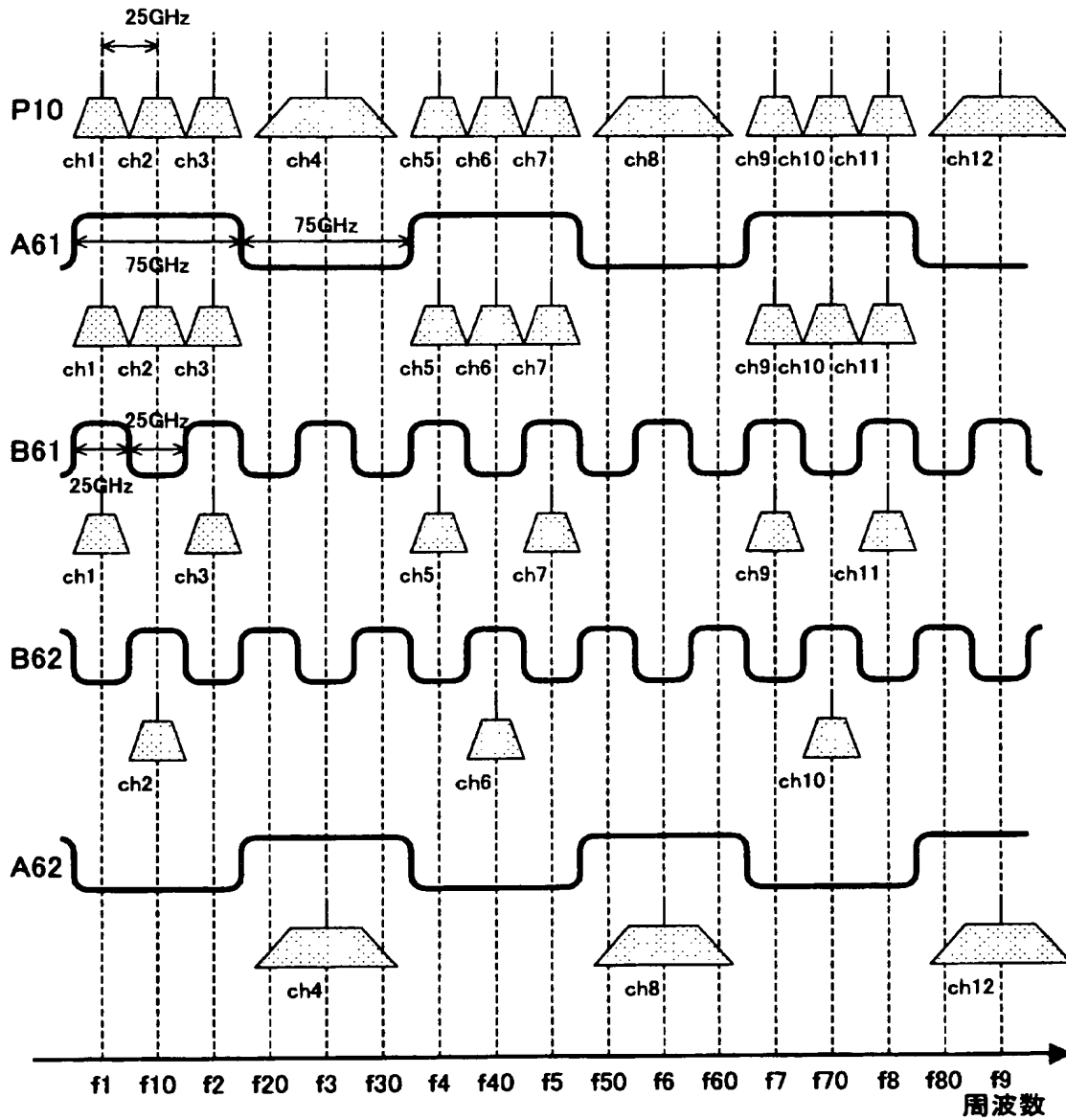


## (B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 15】

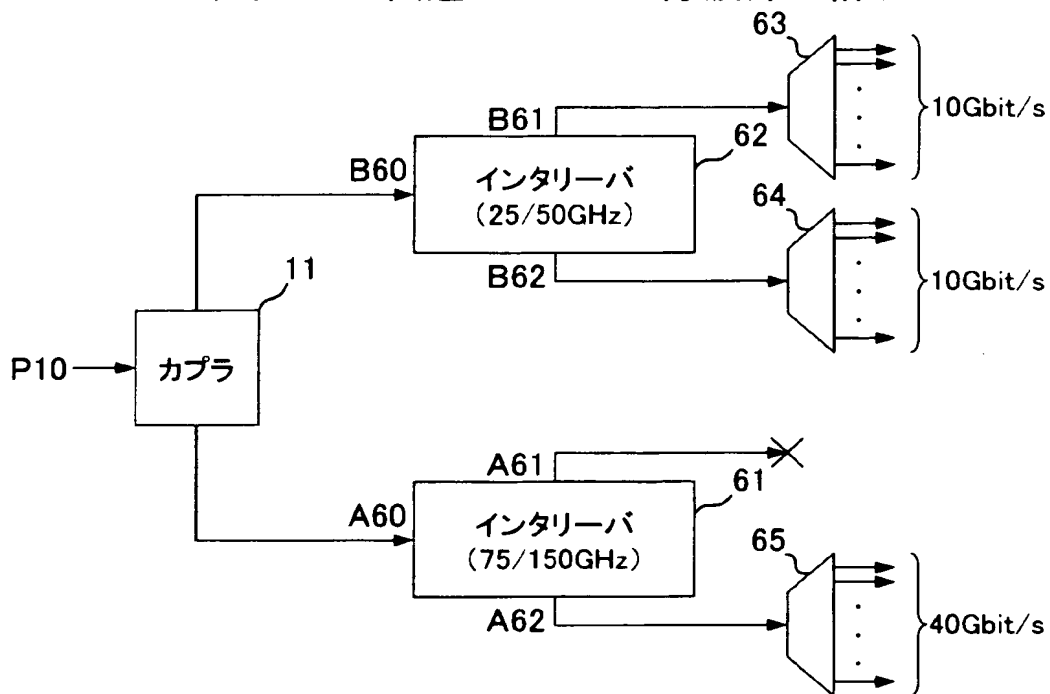
第6の実施の形態  
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング



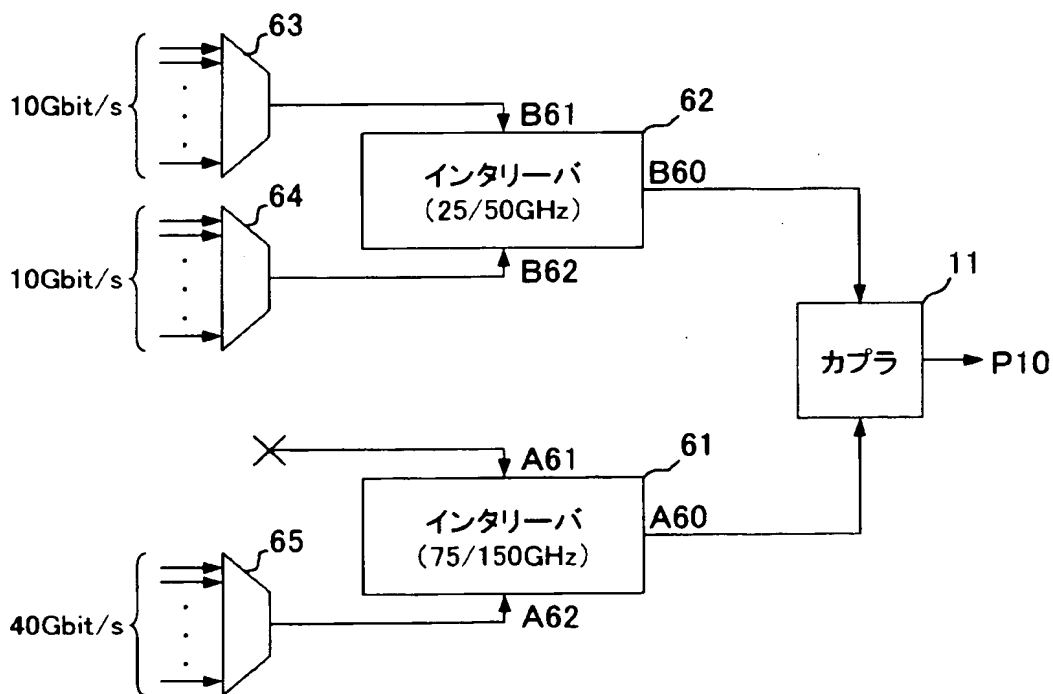
【図 16】

## 第7の実施の形態

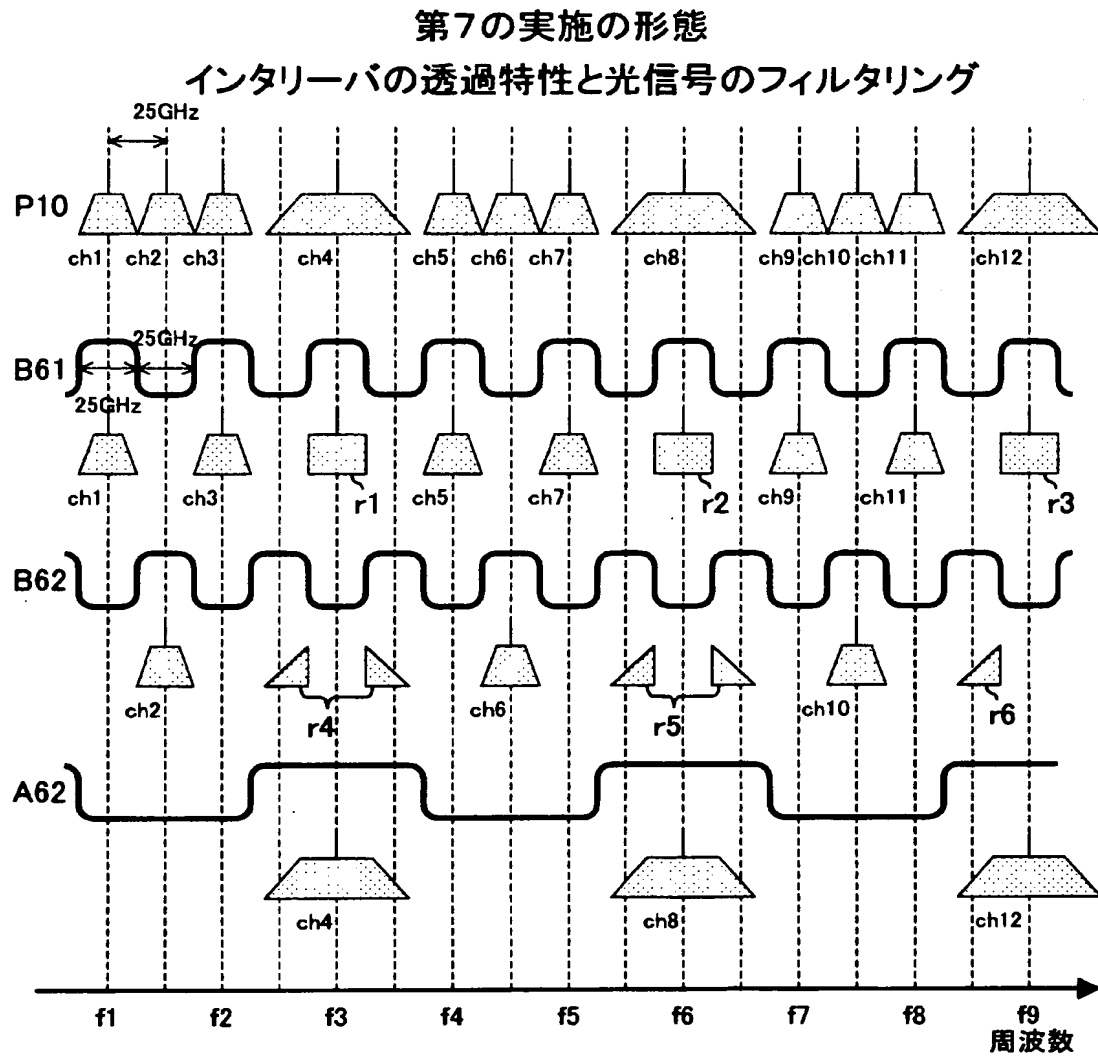
## (A) WDM伝送システムの分波部の構成



## (B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号帯域幅が異なる光信号が波長分割多重された光信号を伝送品質の劣化の少ない状態で分波／合波して伝送できるWDM伝送システムを提供する。

【解決手段】 WDM信号P0は、50GHz間隔のグリッド上、奇数チャンネルに帯域幅25GHzの10Gb/s信号が配置され、偶数チャンネルに帯域幅75GHzの40Gb/s信号が配置される。WDM信号P0は、インタリバー1による分波後、インタリバー2および3により分波される。ポートA1およびB1の透過帯域の重複部分がチャンネルch[4i-2] (i:1以上の整数)の信号帯域と略一致するように、両ポートの透過帯域の中心周波数は10Gb/s信号の中心周波数からシフトしている。これにより、ポートB1からはチャンネルch[4i-2]の40Gb/sの信号のみが取り出される。他のポートの透過帯域の重複部分も同様にして取り出したい信号の信号帯域と一致するように設定されている。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 9 8 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社